ções introduzidas; com efeito, como vimos

$$H'_a - H_o = H'_t - H_o = \lambda_o = q\,\lambda \ ,$$

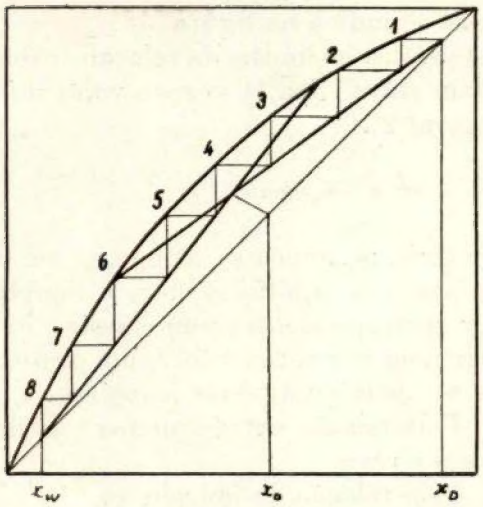


Fig. 35

sendo, portanto,

$$H_o - H_{a-1} = (H'_a - H_{a-1}) - (H'_a - H_o) = \\ = \lambda - q\,\lambda = (1 - q)\,\lambda \ .$$

A expressão final será

$$\frac{y_a - x_o}{q} = -\frac{x_{a-1} - x_o}{1 - q} \ ;$$

ou

$$y_a = \frac{q}{q-1}\,x_{a-1} - \frac{1}{q-1}\,x_o \ .$$

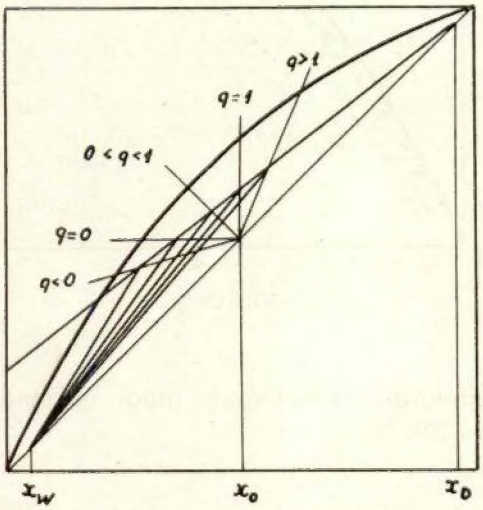


Fig. 36

O traçado destas rectas em função de q é feito na figura 36 (1).

7 — Variação da relação de refluxo

Como se conclui, com facilidade, do estudo feito anteriormente, o aumento da relação de refluxo $R\left(R = \frac{L_R}{D}\right)$, faz aumentar o coeficiente angular das rectas operatórias da coluna de rectificação sendo igual à unidade quando $R = \infty$; com efeito

$$\lim_{R=\infty} \frac{A - H'_n}{A - H_{n-1}} =$$

$$= \lim_{R=\infty} \frac{(H'_t - H'_n)\,R + (H'_t - H'_n)}{(H'_t - H'_n)\,R + (H'_t - H_{n-1})} = 1$$

$$\left(\text{Quando } R = 0 \text{ , vem } \frac{A - H'_n}{A - H_{n-1}} = \right.$$

$$\left. = \frac{H'_t - H'_n}{H'_t - H_{n-1}} \sim 0\right)$$

A variação do coeficiente angular das rectas operatórias entre 0 e 1, vai fazer alterar a posição da recta RS modificando a posição do prato de alimentação e fixando os limites possíveis da rectificação. Considerando, por uma questão de simplicidade (2), o caso das misturas binárias (com as aproximações usuais), e partindo de um certo valor de q (fig. 36), os pontos de encontro das curvas operatórias variam como se indica na figura 37.

Desta figura, conclui-se que a rectificação só pode efectuar-se enquanto o ponto de encontro das curvas operatórias estiver compreendido entre a curva equilíbrio e a bissectriz dos eixos coordenados; como casos limites, ter-se-ão os pontos U e V, o primeiro dos quais corresponde a um número de pratos infinito e o segundo a um refluxo infinito, correspondente a um mínimo de pratos, mas a uma produção nula (visto que D = o).

---

(1) Esta figura não tem interesse mas faz-se por ser clássica.

(2) A análise do problema em linhas gerais, não tem interesse, porque complica a exposição sem alterar a essência da questão.

A determinação do refluxo ótimo R_o faz-se por considerações de ordem económica, visto que, quando o refluxo diminui o tempo de destilação aumenta assim como o número

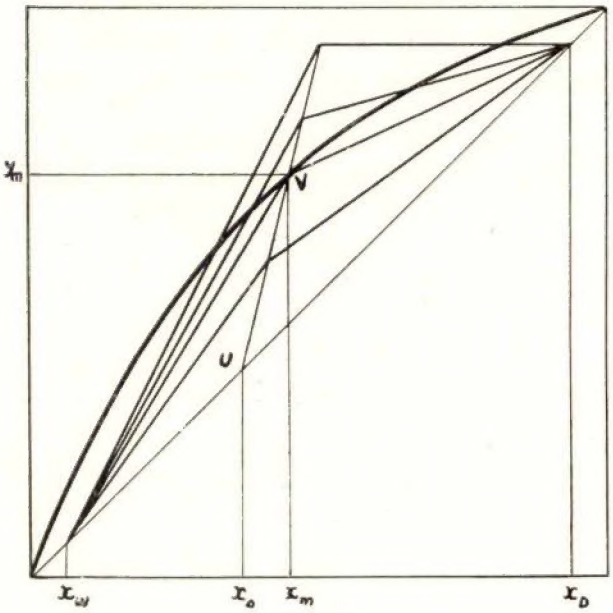


Fig. 37

de pratos, embora o diâmetro da coluna seja menor; por outro lado, o aumento do refluxo faz aumentar o diâmetro da coluna e a quantidade de calor perdido no condensa-

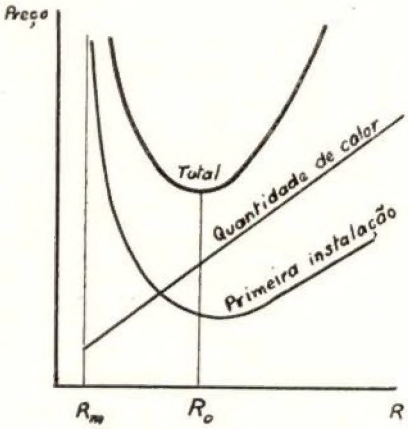


Fig. 38

dor, mas diminui o número de pratos. Nestas condições pode concluir-se que o custo da coluna é infinito para o refluxo mínimo R_m, diminui até um certo valor quando o refluxo aumenta voltando, depois, a aumentar; quanto ao calor perdido no condensador, aumenta sempre com o aumento do refluxo. A representação clássica do preço total da destilação em função da relação de refluxo é a que se indica na figura 38.

Na prática os limites da relação de refluxo, oscilam entre 1,5 a 10 vezes o valor mínimo (em geral 2).

δ — Pratos não ideais

Na prática, nunca se atinge, à saída de cada prato, o equilíbrio entre o líquido e o vapor correspondente; sendo assim, há que contar com o rendimento η do prato, que pode ser definido de duas maneiras:

1) Pela relação entre o número de pratos teóricos e reais

2) Pela relação de Murpherce

$$\eta = 100 \frac{y_n - y_{n+1}}{y'_n - y_{n+1}},$$

sendo y_{n+1}, y_n e y'_n as composições de vapor, respectivamente à entrada do prato, à saída e em equilíbrio com o líquido à saída [1]. Gràficamente, a introdução da noção de

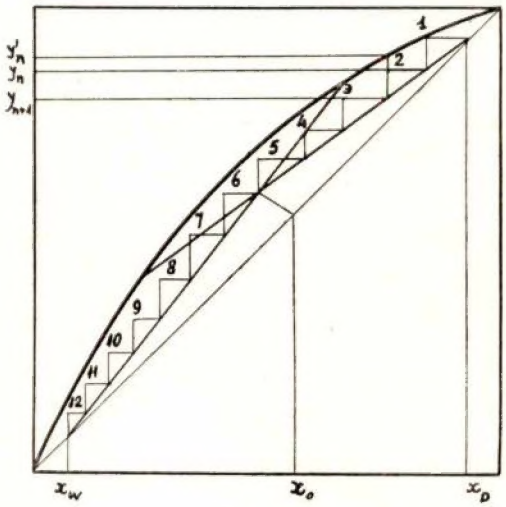


Fig. 39

rendimento, traduz-se do modo indicado na figura 39.

---

[1] Em geral os valores de η definidos por cada um destes processos são sensìvelmente concordantes.

Os valores de η determinam-se experimentalmente e a sua ordem de grandeza é de 50 a 70 %, podendo, em casos especiais atingir 90% ou ir abaixo de 50%.

ε — Realização prática das colunas de destilação

As colunas de destilação podem ser fundamentalmente de dois tipos:

1) *Pratos de campânulas*

Estes pratos são circulares e a entrada do vapor faz-se por campânulas colocadas regularmente em toda a área do prato. O funcionamento indica-se esquemàticamente na figura 40.

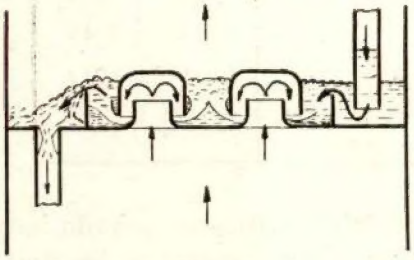


Fig. 40

Para determinar as dimensões é necessário estabelecer uma relação entre a velocidade de passagem do vapor e o rendimento dos pratos, o que é um problema dos tipos já estudados na Extracção e na Secagem, entrando com os coeficientes de progressão e de transmissão de calor. O problema é bastante complexo e está mal estudado; por isso, e para não alargar muito a exposição limitar-nos-emos, a algumas indicações de ordem prática [1].

Fundamentalmente, interessa conhecer o espaçamento dos pratos e o diâmetro da coluna; o primeiro fixa-se entre 0,135 e 0,6 m e o segundo a partir da velocidade U do vapor através da coluna suposta vazia. Este valor de U expresso em metros por segundo costuma fazer-se numèricamente igual a e, ou seja U = 0,135 a 0,6 m/seg. [1].

O diâmetro dos tubos que entram nas campânulas oscila entre 5 a 10 cm.

A velocidade à saída das campânulas deve ser da ordem de grandeza de 3 m/seg.

A perda de pressão do vapor através dos pratos consta de três parcelas:

I) Perda de pressão nos tubos de passagem do vapor, na mudança de direcção no topo da campânula e no espaço anular entre o tubo e a campânula.

O seu valor é dado pela expressão habitual

$$\Delta p_1 = < \gamma \frac{U^2}{2g},$$

sendo K = 5,5 segundo Dauphiné e Schneider.

II) Perda de pressão nas fendas das campânulas; o seu valor é dado pela expressão empírica

$$\Delta p_2 = \gamma k \left(\frac{Q}{L}\right)^{0,4},$$

sendo L a largura total das fendas das campânulas. Para k pode tomar-se o valor k = 0,2.

III) Perda de pressão devida à altura H do líquido acima das fendas; será

$$\Delta p_3 = \gamma H$$

2) *Colunas com enchimento*

Neste caso, as colunas são do tipo das torres de absorpção de gases; a altura de torre equivalente a um prato é designada por H. E. T. P. (height equivalent to one theoretical plate) e o seu valor varia com os tipos de enchimento.

---

(1) Um estudo bastante detalhado, embora de carácter experimental vem indicado no livro «Distillation and Rectification» de Emil Kirschbaum, tradução americana, 1.ª edição, pág. 227 a 276.

(1) Estes valores só são válidos, e em primeira aproximação, para a destilação à pressão atmosférica. No livro citado, estuda-se a mistura etanol-água variando as velocidades entre 0,5 m/seg a 3,5 m/seg.

No quadro VII, indicam-se alguns valores

A perda de pressão será estudada na Absorpção de Gases.

a destilação a baixa temperatura. A composição da mistura obtida (que, depois, se separa por decantação) determina-se a partir das tensões de vapor.

QUADRO VII

Tipo de enchimento	U em m/seg	H. E. T. P. em m
Torres sem enchimento	0,1 a 0,5	0,65 a 0,75
Anéis Raschig de carvão de $^1/_2'' \times {}^1/_2''$.	0,1 a 0,45	0,15 a 0,3
Anéis Raschig de carvão de $^1/_4'' \times {}^1/_4''$.	0,05 a 0,15	0,12 a 0,15
Anéis Raschig de cerâmica de $^1/_2'' \times {}^1/_2''$	0,25 a 0,5	0,13 a 0,22
Anéis Raschig de cerâmica de $^3/_8'' \times {}^3/_8''$	0,1 a 0,3	0,1 a 0,19
Anés Raschig de vidro de $^1/_4'' \times {}^1/_4''$ . .	0,03 a 0,5	0,11 a 0,17
Carborundum a 6 malhas Tyler	0,03 a 0,55	0,04 a 0,13
Hélices de alumínio de $^1/_4''$	0,2 a 0,65	0,13 a 0,27
Hélices de alumínio de $^3/_{16}''$	0,03 a 0,65	0,1 a 0,16
Hélices de aço inoxidável de $^5/_{32}''$ . . .	0,1 a 0,4	0,1 a 0,14
Hélices de níquel de $^5/_{32}''$	0,2 a 0,5	0,08 a 0,14
Hélices de níquel de $^1/_8''$	0,03 a 0,3	0,08 a 0,14

CAPÍTULO III

DESTILAÇÃO POR ARRASTAMENTO POR VAPOR

Efectua-se introduzindo vapor (em geral de água) com ou sem calor exterior, na mistura a evaporar a qual tem de ser pràticamente imiscível com esse vapor. Como se sabe, a mistura do vapor com essa mistura vaporiza-se a uma temperatura inferior à do componente menos volátil (em geral, o vapor) permitindo portanto, efectuar

Este método utiliza-se quando há perigo de alterar as propriedades de uma dada substância por destilação a altas temperaturas; em particular, para separar líquidos de pontos de ebulição elevado de impurezas não voláteis.

BIBLIOGRAFIA

«Elements of Chemical Engineering», de Badger e Mc Cabe.

«The Spparation of Gases», de Ruheman.

«Elements of Fractional Distillation», de Robinsou e Gilliland.

«Distlllation and Rectification», de E. Kirschbaum.

A Mecânica do Solo e as suas aplicações

PELO ENG.º CIVIL (U. P.) MANUEL PIMENTEL PEREIRA DOS SANTOS

Antigo Assistente da Faculdade de Ciências do Porto
Director do Laboratório de Ensaios de Materiais e Mecânica do Solo

(Continuação)

C. D. 624.131

17 — Equivalente de humidade

É o grau de humidade retido por uma amostra quando submetida a uma força centrífuga igual a 1.000 vezes a força da gravidade.

Este ensaio fornece informação sobre o grau de permeabilidade de solos permeáveis. Também dá indicações sobre as possibilidades de drenagem — se o equivalente de humidade for alto a drenagem será mais difícil.

—Toma-se uma amostra de 5 gramas, convenientemente preparada, demolha-se em água por 6 horas, coloca-se num humificador durante 12 horas e centrifuga-se durante 1 hora. Pesa-se depois disto e depois de secar a 105° C, obtendo-se o grau de humidade respectivo [69].

Para solos cujo equivalente de humidade seja superior a 20, recorre-se a um processo mais simples que pode ser utilizado em trabalhos de campo [69]. (Equivalente de humidade de campo).

—Tomam-se cerca de 30 gramas de solo e junta-se água até obter uma superfície lustrosa ao passar com a espátula.

—Deixa-se cair uma gota de água, que não deve desaparecer em 30 segundos, mas espalhar-se sobre a superfície alisada, formando espelho. Quando isso acontecer, seca-se e pesa-se, determinando o grau de humidade respectivo.

18 — Absorção de água

A maior ou menor resistência oferecida à absorção de água por solos, naturais ou tratados, pode avaliar-se por um ensaio simples e rápido É uma maneira de avaliar os efeitos dos diversos estabilizadores.

Como *aparelhagem* utiliza-se balança semi-automática, crivo N.º 7 e de 3/16", espátula, transportador metálico, papel de filtro circular, equipamento de compactação com cilindro interior para obter amostras de 1 5/8" de altura (4).

—Começa-se por determinar pelo metodo de compactação o grau de humidade óptimo.

—Seca-se ao ar cerca de 1.500 gramas de solo, trata-se cuidadosamente num almofariz e rejeita-se o material retido no crivo N.º 7. Deita-se o restante numa tina juntamente com água de maneira a obter-se o grau de humidade desejado (a saber, o dado pelo ensaio de Proctor, se se trata de verificar a aptidão do solo para ser estabilizado, ou 2 % abaixo desse valor, se se trata de experimentar os efeitos de vários estabilizadores).

—Mistura-se cuidadosamente, determina-se o grau de humidade duma pequena amostra colhida, e junta-se o estabilizador, dispersando novamente. Faz-se a compactação no molde de Proctor com cilindro interior, obtendo um exemplar de 1 5/8" de altura.

—Pesa-se o transportador a menos de 1 grama, colocando nele um papel de filtro, de peso determinado e uma amostra de solo compactado. Pesa-se de novo.

— Conserva-se o conjunto em atmosfera húmida, colocando o transportador num tanque com alguma água, cujo nível não atinja a plataforma daquele. Cobre-se com um pano húmido. O tempo a gastar nesta operação varia de 24 horas (estabilizadores oleosos de estradas) até 3 dias (resinas).

— Pesa-se de novo. Depois toma-se uma tira de papel de filtro, com cerca de 45 m/m de largura enrola-se em forma de colar em torno da amostra de solo, e mergulha-se este, colocado no transportador, em água,

que fica cerca de 25 m/m acima do topo da amostra. Essa imersão dura 16 horas.

— Retira-se cuidadosamente o colar de papel de filtro, e limpa-se a amostra e o transportador com mata-borrão. Pesa-se.

— Levanta-se a amostra de cima do papel de filtro do transportador, com muito cuidado, apanhando-se quaisquer partículas de solo. Secam-se as partes expostas do transportador. Pesa-se, obtendo-se o peso do papel de filtro húmido.

— O ensaio é repetido para as diversas percentagens de estabilizador, determinando-se em cada caso a percentagem de água absorvida.

Sendo

W = percentagem de água absorvida (gramas por 100 gramas de solo seco)
A = peso do transportador (gr)
D = peso do papel de filtro seco (gr)
B = peso do transportador + papel de filtro + amostra (gr)
H = peso do transportador (idem) depois de conservado em atmosfera húmida (gr)
C = idem, depois da imersão (gr)
E = peso do papel de filtro húmido (gr)
F = grau de humidade inicial da amostra (%)
G = percentagem de estabilizador (%)

resulta

$$W = \frac{(C + D - H - E)\,(100 + F + G)}{B - A - D}\ \%$$

19 — Absorção de água por capilaridade

A aparelhagem necessária para este ensaio consiste em balança semi-automática, crivos n.º 7 e 3/16", tinas, espátulas, transportador metálico, papel de filtro, aparelhagem de compactação com extensão amovível, dispersador [4].

Tomam-se 400 gr de solo, passado pelo crivo n.º 7, e compacta-se ao grau de humidade óptimo (por vezes em lugar deste toma-se 10 %).

Corta-se a amostra na parte inferior, retirando cerca de 0,5 cm de altura e limpando com uma escova. Retira-se a amostra do molde e parafinam-se os lados cilíndricos.

— Pesa-se a amostra a menos de 0,1 gr e coloca-se pela base sobre um papel de filtro assente em mata-borrão húmido

— Pesa-se passado 1, 2, 7 e 14 dias. Determina-se assim a água absorvida por capilaridade.

20 — Determinação da percentagem de carbonato de cálcio

Utiliza-se um calcímetro Collins, formado por uma proveta de vidro na qual estão contidas as diversas partes. Fundamentalmente o seu modo de operar consiste na dosagem do carbonato com ácido clorídrico. Tem-se em atenção a pressão e temperatura, a fim de avaliar a quantidade de anidrido carbónico formado.

21 — Ensaio de compressão edométrica

É um ensaio de compressão com coacção lateral que permite fazer o traçado das curvas de consolidação do solo.

Existem diversos modelos de edómetros, todos inspirados no tipo primitivo devido a Terzaghi. A fig. 67 apresenta um edómetro vulgarmente utilizado [41].

Consta essencialmente dum cilindro no qual se coloca a proveta de solo a ensaiar, limitada superior e inferiormente por duas placas de pedra porosa, que permitem a circulação da água contida na amostra. A placa superior pode ser submetida a forças reguláveis por intermédio duma alavanca da qual se suspendem pesos graduados. Um comparador micrométrico permite apreciar deformações da ordem de 1/1.000 de milímetro.

Uma tal precisão de medidas é exigida pelo facto de empregarmos cilindros de solo de pequena altura relativamente ao diâmetro, o que é necessário para eliminar um possível efeito de silo e os atritos laterais.

A existência das placas porosas permite a rápida drenagem da água junto às superfícies superior e inferior da amostra. Essas

placas mantêm-se mergulhadas num excesso de água.

Como já fizemos notar no capítulo anterior, elimina-se assim a influência da evaporação. Se assim se não procedesse, este último fenómeno determinaria por si só uma variação do volume de argila, variação essa devida precisamente à pressão capilar, cujo efeito se viria sobrepor aos resultados obtidos sem que tivéssemos forma de o ter em conta.

A lentidão das operações e a facilidade de drenagem asseguram-nos também a condição da não existência de gradiante hidráulico.

As amostras podem ser tomadas intactas, ou alteradas e levadas até ao limite líquido. No primeiro caso temos uma ideia muito mais aproximada da compressibilidade do solo. No segundo, a compressibilidade é aumentada na amostra, quer pela destruição da arquitectura do solo, quer pela variação do grau de humidade. Um julgamento severo dos resultados obtidos é então de primeira necessidade.

Mas ainda no caso de amostras intactas existem causas de erro que não podem ser eliminadas totalmente. Com efeito no solo não se realizam nunca as condições de isotropia, pois os interstícios não são os mesmos qualquer que seja a direcção considerada. Assim as pressões em direcções diferentes serão diferentes também. Ao retirarmos a amostra, as diversas tensões serão substituídas pela pressão capilar, que tomará um valor aproximadamente médio entre os valores extremos daquelas. Isso consegue-se pela dilatação das partes mais consolidadas, que vão buscar água às restantes, realizando assim as condições de isotropia.

Uma outra causa de erro é devida ao facto de, no momento da carga, o gradiante hidráulico não ser nulo, pois doutra maneira a eliminação da água não poderia ser feita. Não é contudo muito elevado, e tende para zero à medida que a operação progride. Essa *pressão neutra* (designação devida a Terzaghi) não tem contudo qualquer influência sobre a resistência do solo e pode ser avaliada com simplicidade no aparelho.

É necessário ainda recordar a existência de certos fenómenos de plasticidade na experimentação edométrica, ligados ao efeito secundário de assentamento que por sua vez deriva do facto de aparecerem tensões de corte devidas a não serem iguais as tensões principais — embora exista uma relação constante entre a tensão principal vertical e as horizontais. Buisson [41] mostra que a diminuição sensível do efeito destes fenómenos se pode conseguir reduzindo a razão da progressão geométrica das cargas (de que adiante falaremos) de 2 para 1,25. Mas isso corresponde a multiplicar por 4 a duração da operação.

Todos estes factores de erro não invalidam o mérito dos resultados obtidos, e sobretudo, são largamente compensados pelo facto das medidas edométricas serem simples e relativamente rápidas.

Um estudo mais rigoroso da questão pode fazer-se com o aparelho de compressão tri-axial, mas as experiências são com ele extremamente longas e delicadas.

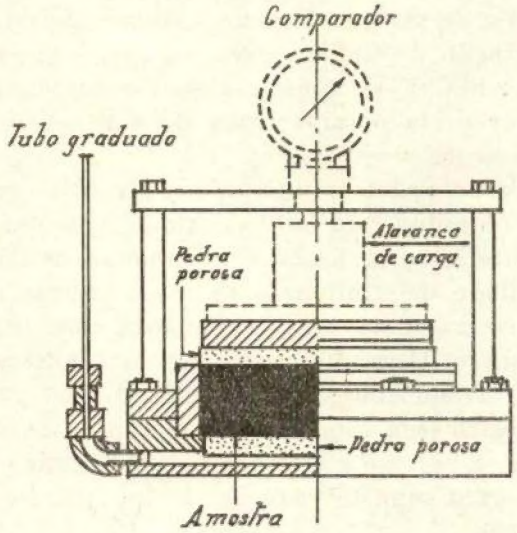


Fig. 67

(M. Buisson [41] pág. 173)

Entremos agora no detalhe da experimentação [41], [45].

a) *Pressões exercidas na amostra para as diversas cargas.* Na posição de partida, a alavanca deve estar em posição horizontal. Consegue-se isso colocando por debaixo do edómetro placas de madeira com espessura conveniente.

Determinam-se sucessivamente as pressões exercidas pelo pistão, pelo peso próprio da alavanca, e pelo peso próprio desta munido de prato porta-pesos. Organiza-se então uma tabela das pressões exercidas na amostra por cada carga colocada no prato.

Desde o início, é conveniente aplicar uma carga que evite a dilatação do solo e produza assentamento. Se a carga colocada não assegurar essa condição, passa-se imediatamente à seguinte, até se conseguir o efeito desejado.

O tempo de aplicação de cada carga é condicionado pela natureza do solo. Deve esperar-se que haja estabilização completa. Atingido o assentamento para a máxima carga escolhida, procede-se à determinação do ramo de descarga da curva edométrica, reduzindo gradualmente a pressão até obter a correspondente à do pistão só. Como a dilatação é mais lenta do que a compressão, não é costume em ensaios vulgares passar por todas as cargas utilizadas nesta última.

b) *Determinação do índice de vazios.* Como se sabe, o diagrama edométrico dá a variação do índice de vazios com a pressão aplicada. É portanto necessário conhecer o valor desta característica do solo para as diferentes pressões.

Para isso determinou-se inicialmente o grau de humidade do solo ensaiado, e findas as operações determina-se novamente, tendo o cuidado de eliminar a água em excesso nas faces da amostra, enxugando-a com papel de filtro. Determinou-se também a densidade real D do solo, e conhece-se o peso P da amostra seca. Seja S a sua secção. Chama-se *altura reduzida* à altura da parte sólida da amostra suposta reduzida a um cilindro de secção S:

$$h_0 = \frac{P}{DS}$$

Seja ΔH a variação de altura da amostra entre o início e o fim do ensaio (variação positiva ou negativa), H a altura da amostra antes do ensaio e H_A a altura que ocuparia a água contida na amostra numa proveta de secção S. Tem-se

$$H = \Delta H + H_A + h_0$$

O índice de vazios será portanto, para cada pressão p

$$e = \frac{H - h_0 - \Delta H}{h_0} = \frac{H_A}{h_0}$$

A fig. 68 dá o diagrama edométrico assim traçado, mostrando as curvas de carga e descarga.

Atendendo a que estas têm forma logarítmica, é corrente o emprego de diagramas

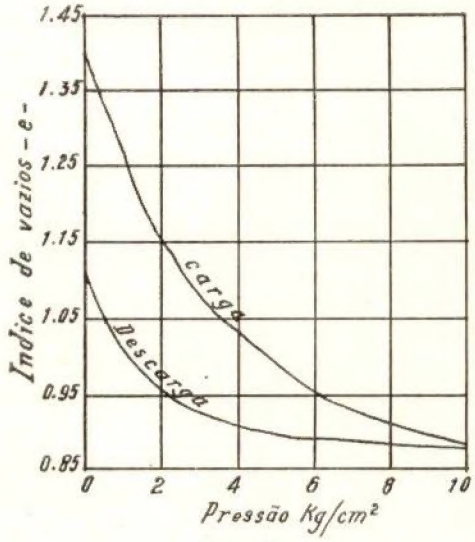


Fig. 68

semilogarítmicos tomando em abcissas os logaritmos das pressões.

A fig. 69 mostra um desses diagramas.

c) *Ramo de dilatação livre.* Como vimos, as experiências são conduzidas aplicando inicialmente a carga necessária para que haja assentamento. O valor desta deve ser medido, pois representa a carga mínima a aplicar no terreno para evitar a dilatação.

Mas para certos terrenos que se dilatam consideràvelmente quando estão sem carga suficiente em presença da água, pode operar-se de maneira diferente. Deixa-se produzir a dilatação com a amostra apenas carregada com o pistão e só quando esse fenómeno cessa se começa o ciclo de carga e descarga da maneira usual.

Aparece então no diagrama um terceiro ramo dito de dilatação livre (fig. 70)

d) *Factores de compressão e dilatação.* Como expusemos no capítulo anterior, as

curvas de dilatação e compressão no edómetro têm respectivamente as seguintes equações:

$$e = \frac{1}{A} \log (p + p_i) + C \quad \ldots \quad (72)$$

$$e = -\frac{1}{B} \log (p + p_c) + C_1 \quad \ldots \quad (73)$$

Esta última foi apresentada no capítulo anterior sob a forma (37)

$$e = -\alpha \log (p + p_c) - \beta (p + p_c) + C$$

pondo em evidência o efeito das transformações irreversíveis que têm lugar durante a compressão. A forma (73) é suficientemente aproximada para a prática, pois β é muito pequeno.

Já vimos o significado dos dois grupos de constantes A, p_i, C e B, p_c, C_1.

Para os determinar calculam-se em cada curva 3 valores do índice de vazios e correspondentes a 3 valores conhecidos da pressão.

À constante A chama-se *factor de dilatação* e à constante B *factor de compressão*.

A determinação destas constantes pode ser simplificada recorrendo aos ábacos das figs. 71 e 72.

Suponhamos que queremos medir A.

No gráfico semi-logarítmico e no ramo de dilatação, lêem-se os valores de e correspondentes a $p = 0{,}04$; $0{,}4$ e $1{,}5$ kg/cm², a saber e_1 e_2 e_3.

Calcula-se

$$a = \frac{e_1 - e_3}{e_1 - e_2}$$

No ábaco 71, lê-se o valor b (na curva da esquerda)

$$b = (e_2 - e_3) A$$

que corresponde a a.

Calcula-se

$$c = e_2 - e_3.$$

donde

$$A = \frac{b}{c}$$

conforme resulta do significado da constante.

A determinação de B é feita de maneira semelhante. Lêem-se no ramo de compressão os valores e'_1 e'_2 e'_3 correspondentes a $p = 0{,}4$; $1{,}5$ e $3{,}0$ kg/cm².

Calcula-se

$$a = \frac{e'_1 - e'_3}{e'_1 - e'_2}$$

e determina-se no ábaco 72 o valor

$$b = (e'_2 - e'_3) B$$

que lhe corresponde na curva da esquerda.

Calcula-se então

$$c = e'_2 - e'_3$$

e

$$B = \frac{b}{c}$$

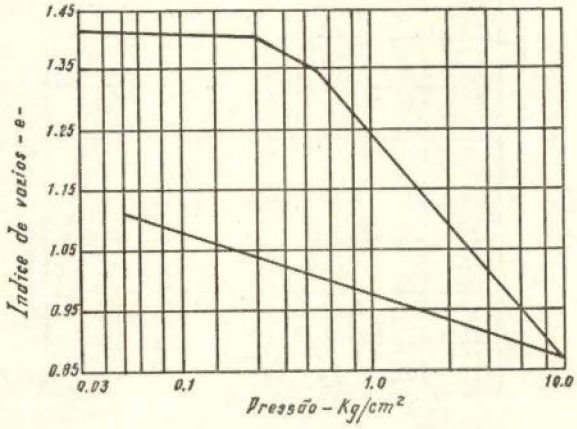


Fig. 69

(Yvon Poisson [45])

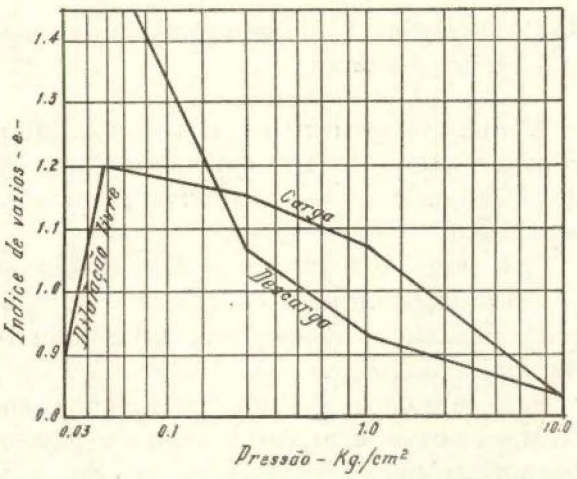


Fig. 70

(Yvon Poisson [45])

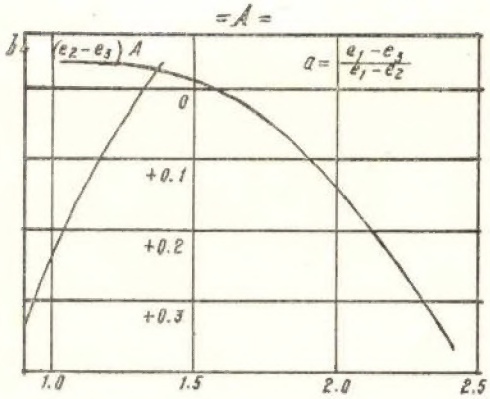


Fig. 71

(Yvon Poisson [45])

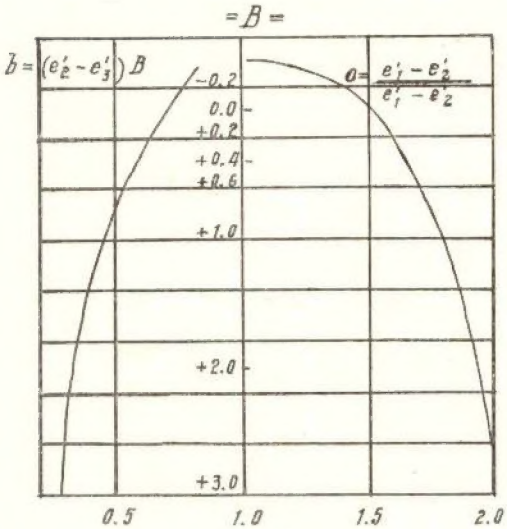


Fig. 72

(Yvon Poisson [45])

22 — Determinação da percentagem de matéria orgânica

A aparelhagem necessária consta dum copo graduado de 400 cm^3; duma proveta de 500 cm^3; balança sensível; aparelho repartidor.

Tomam-se pelo menos 2 kg de solo (se possível utilizam-se 3 ou 4 kg), e no aparelho repartidor consegue-se uma amostra (ou mais) de 40 gr.

Pesa-se o copo graduado na balança sensível, coloca-se a amostra dentro e pesa-se novamente para obter o peso de solo. Adicionam-se 50 cm^3 de água oxigenada a 6 $^o/_o$, e aquece-se lentamente, agitando com uma vareta de vidro. Junta-se mais água oxigenada até que cessem as bolhas que se desprendem da mistura.

Quando a operação está completa evapora-se completamente o líquido e pesa-se o copo com a parte sólida.

Calcula-se assim a matéria orgânica contida na amostra como uma percentagem do peso em seco.

Para observações de maior rigor recorre-se a solutos titulados para a análise.

23 — Ensaios de permeabilidade

Já vimos que esta característica se avalia pelo *coeficiente de permeabilidade* k, que figura na lei de Darcy (20) $v = k\ i$, donde se deduz o caudal filtrado no tempo t (21)

$$q = A\ k\ i\ t$$

o gradiante hidráulico i era dado por

$$i = \frac{H}{L}$$

sendo H a diferença de alturas piezométricas e L o caminho percorrido pela água no terreno.

Existem vários processos de determinação de k.

a) *Método edométrico* [45]. É um método indirecto. Sem entrar no detalhe dos cálculos, vamos expor resumidamente o seu princípio.

É evidente que a velocidade de assentamento do solo para uma dada carga depende da permeabilidade, pois esta condiciona a saída da água dos poros. Ora dois factores determinam a forma da curva de assentamentos em função do tempo: a variação das pressões na água intersticial e as forças de atrito entre as partículas sólidas da amostra. Este último factor é desprezável no caso das argilas donde a possibilidade de relacionar os assentamentos com a permeabilidade.

b) *Permeâmetro de carga constante.* A fig. 73 mostra um modelo simples de aparelho. Introduz-se a amostra num recipiente cilíndrico, através do qual se faz passar a água de baixo para cima, assegurando-se uma

diferença de nível H constante. Uma proveta graduada permite avaliar o caudal que passa num certo tempo. A lei de Darcy determina então o coeficiente de permeabilidade.

Este ensaio convém para solos arenosos ou formados de matérias grosseiras.

c) *Permeâmetro de carga variável.* A fig. 74 mostra um aparelho deste tipo, utilizado no laboratório de Zanesville.

Mede-se a variação de nível ao fim dum certo tempo e num tubo, de carga, tanto mais estreito quanto menos permeável for o material.

Da integração da fórmula

$$q = A\,k\,t\,\frac{H}{L}$$

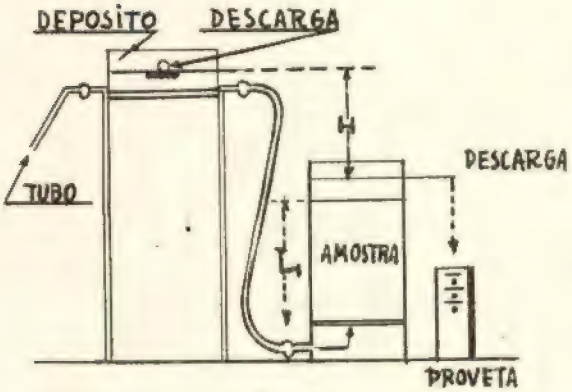


Fig. 73

(Navarro e Aracil 6 pág. 1461)

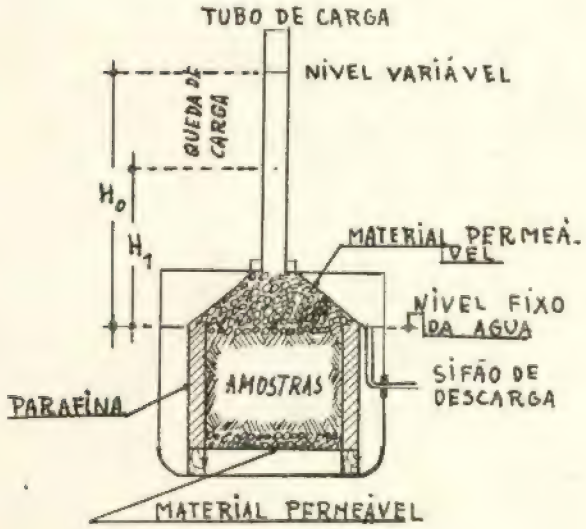


Fig. 74

(Navarro e Aracil 6 pág. 1460)

resulta

$$k = \frac{a\,L}{A\,t}\,\log_e\,\frac{H_0}{H_1} \quad . \; . \; . \; . \; (74)$$

sendo a a secção do tubo de carga e t o tempo gasto em descer o nível de H_0 a H_1.

Este processo convém para materiais mais finos.

d) *Permeâmetro horizontal* As medidas com este aparelho (filtração através dum tubo horizontal contendo a amostra) não oferecem suficiente precisão, pelo que nos abstemos de descrever o método.

24 — Exemplos

A) *Num permeâmetro de carga constante passam 56 cm³ de água através duma amostra cilíndrica de solo com 12,5 cm de altura e 7,5 cm de diâmetro, durante um período de 90 segundos. A altura piezométrica mantém-se igual a 30 cm.*

Determinar o coeficiente de permeabilidade em cm/minuto.

$$q = A\,k\,i\,t$$

donde

$$k = \frac{q}{A\,i\,t}$$

$q = 56\ cm^3$

$t = 1{,}5$ min.

$$i = \frac{h}{L} = \frac{30}{12{,}5} = 2{,}4$$

$$A = \pi \,.\, \frac{7{,}5^2}{4} = 44{,}2\ cm^2$$

$$k = \frac{56}{44{,}2 \times 2{,}4 \times 1{,}5} = 0{,}352\ cm/min.$$

B) *Num permeâmetro de carga variável, a altura piezométrica desce de 38,1 cm para 18,7 cm em 1,5 minutos, sendo de 2,5 cm o diâmetro do tubo piezométrico. A amostra tem 15 cm de espessura e 9 cm de diâmetro.*

Determinar o coeficiente de permeabilidade.

Da expressão (74)

$$k = \frac{a\,L}{A\,t} \log_e \frac{H_0}{H_1}$$

sendo

$$a = \pi \times \frac{2{,}5^2}{4}$$

$$A = \pi \frac{9^2}{4}$$

$$t = 1{,}5 \text{ min.}$$

$$L = 15 \text{ cm}$$

$$\frac{H_0}{H_1} = \frac{38{,}1}{18{,}7} = 2{,}04$$

resulta

$$k = \frac{2{,}5^2 \times 15}{9^2 \times 1{,}5} \log 2{,}04 = 0{,}58 \text{ cm/min.}$$

25 — Ensaio de compressão tri-axial

Este ensaio é de extrema delicadeza e morosidade, e a interpretação dos resultados obtidos é muito difícil.

A fig 75 representa um tipo de aparelho usado, em que a amostra é sujeita a uma pressão vertical aplicada com um pistão, e a uma pressão hidrostática lateral, exercida através duma membrana cilíndrica de borracha.

As leituras só têm interesse quando o solo está estabilizado. A existência da placa porosa inferior permite a consolidação que muitas vezes se acelera também pela construção dum núcleo de drenagem, em areia ou mica, no centro da amostra.

A medida de pressão de água nos poros

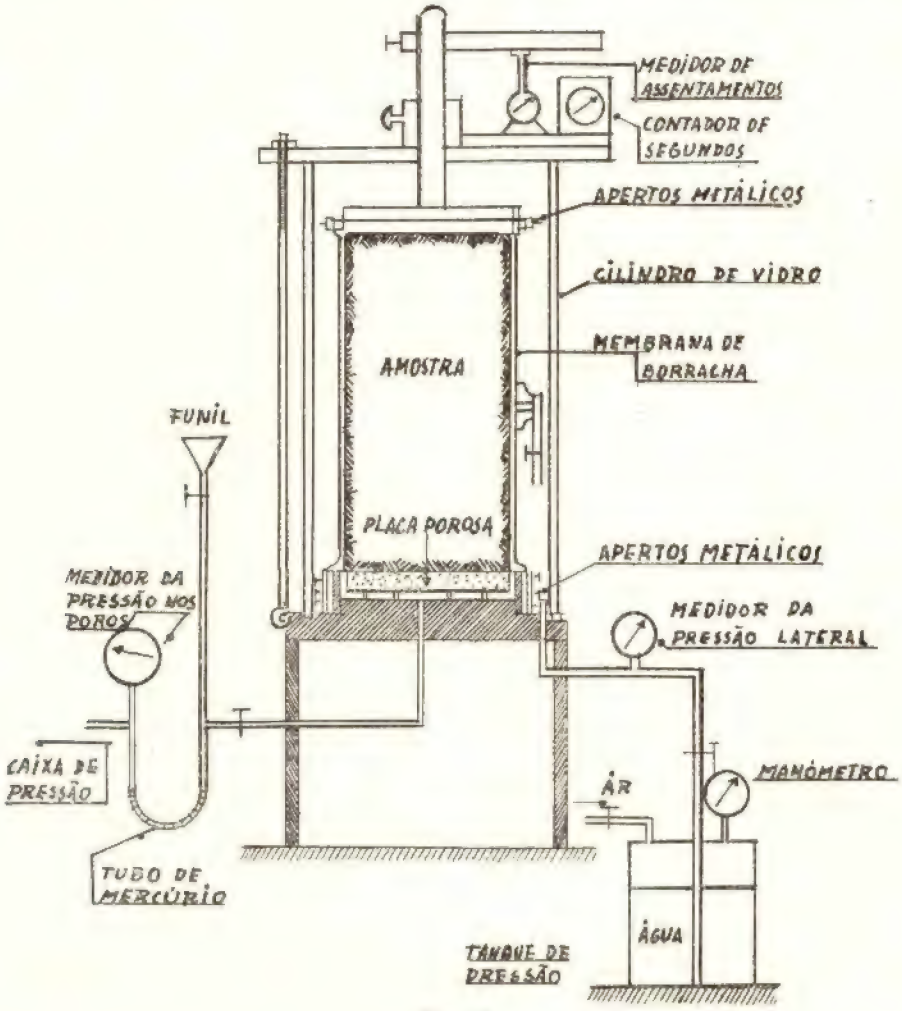


Fig. 75

(N. R. B. [10])

permite avaliar qual a parte da pressão transmitida à água, e daí o conhecimento da pressão efectiva.

A teoria rigorosa do aparelho obedece nas suas linhas gerais ao que dissemos no capítulo anterior a propósito da «resistência ao corte em solos argilosos», e pode ser encontrada com todo o detalhe na obra de Buisson. [41]

Para medidas correntes de coesão e ângulo de atrito, basta fazer o ensaio até à rutura, medir o ângulo na amostra depois do corte, (pela inclinação do plano de deslizamento) e atender para a determinação da coesão c à relação

$$\frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} = c \cos \varphi + \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} \operatorname{sen} \varphi \quad . \; . \; . \quad (75)$$

em que σ_1 e σ_2 são conhecidos.

A maneira de proceder com o aparelho representado na figura pode ser a seguinte [10]:

a) Preparar a amostra;
b) Inundar pelo funil a placa porosa;
c) Colocar sobre esta a amostra;
d) Ajustar a membrana de borracha, e apertá-la com apertos metálicos superior e inferiormente;
e) Extrair o ar de dentro da membrana com uma bomba de vácuo;
f) Colocar o cilindro de vidro e assentar a cabeça do aparelho;
g) Aplicar a pressão lateral, e levar o pistão ao contacto da amostra;
h) Carregar à velocidade escolhida (pode ser 1 mm/min) tomando leituras da carga vertical e pressão dos poros de meio em meio minuto, ajustando o mercúrio no tubo manométrico entre cada leitura, por meio da caixa de pressão;

26 — Ensaio de compressão não limitada

Neste ensaio, amostras cilíndricas de solos são ensaiadas até à rutura no aparelho representado na fig. 76. Cada aparelho vem equipado com 4 molas, cujo emprego é condicionado pelo tipo de solo a ensaiar. O diagrama esforços-deformações é automàticamente registado pela máquina. São fornecidas também escalas transparentes que se sobrepõem ao diagrama assim obtido, graduando-o e dando imediatamente o valor das resistências procuradas; cada uma destas escalas corresponde à sua mola.

Para ensaios correntes pode supor-se que a coluna da amostra permanece constante, sendo a diminuição de volume compensada pelo aumento da secção.

Seja P a pressão unitária na superfície primitiva e P′ a pressão na amostra cuja altura h sofreu uma variação dh, ao passo que o diâmetro D antes da compressão passou a $D + d\,D$

Tem-se

$$\frac{D^2}{4}\, dh = \frac{\pi\,(D + d\,D)^2 - D^2}{4}\, h$$

e despresando o termo em dD^2

$$D \,.\, d\,h = 2\, d\,D \,.\, h$$

Como

$$P \,.\, \frac{\pi\, D^2}{4} = P' \, \frac{\pi\,(D + d\,D)^2}{4}$$

vem

$$P' = P \, \frac{D^2}{(D + d\,D)^2} = P \left(1 - \frac{2\, d\,D}{D}\right) =$$

$$= P \left(1 - \frac{dh}{h}\right) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (76)$$

Esta fórmula é aproximada, pois não considera o efeito das bolhas de ar contidas nos poros, nem o facto de a deformação se poder fazer sem conservação da forma cilíndrica.

É sabido que a resistência ao corte se pode relacionar com a compressão Q pela fórmula

$$T = \frac{Q\,(1 - \operatorname{sen} \varphi)}{2} \quad . \; . \; . \quad (77)$$

φ deduz-se do exame dos planos de deslizamento na rutura.

Para argilas é muito pequeno, próximo de zero, pelo que muitas vezes se toma

$$T = Q/2 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (78)$$

Indiquemos a maneira de proceder [4].

— Começa-se por colher a amostra, à

profundidade desejada, com o auxílio dos aparelhos especiais que acompanham a máquina. Deve ter-se cuidado em assegurar o pleno enchimento do tubo de sondagens.

— Recorrendo aos diversos acessórios, corta-se a amostra nas dimensões desejadas. e prepara-se para se colocar no aparelho.

— Entretanto instalou-se este, montou-se a mola escolhida e verificou-se o funcionamento do braço registador; untam-se levemente os dois cones que vão segurar a amostra.

— Retira-se a amostra da sonda com o auxílio do extractor, instala-se no aparelho e faz-se rodar a manivela superior até que o cone superior encoste convenientemente ao cone. É necessário assegurar uma perfeita centragem da amostra, pois caso contrário introduzir-se-ão erros apreciáveis.

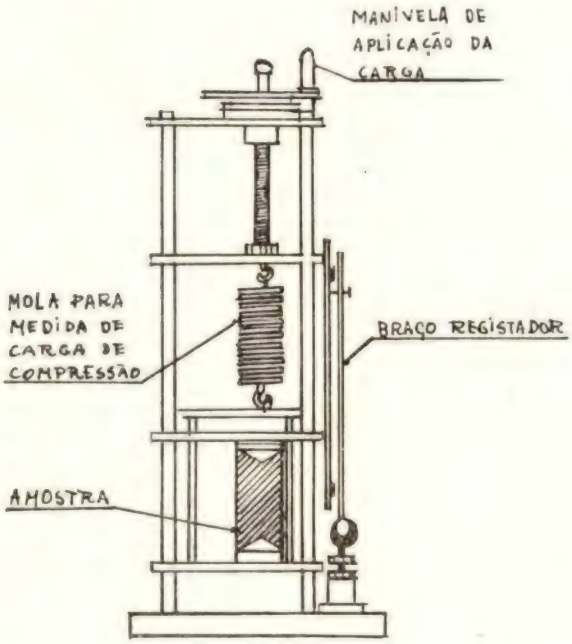


Fig. 76

(Reynolds and Protopapadakis [53])

— Ajustados os dois cones, coloca-se o aparo do braço registador no ponto zero das deformações, e movendo-o à mão marca-se a linha de esforços nulos.

— Roda-se a manivela à velocidade de 2 voltas por segundo até à rutura da amostra. Isso nota-se no momento em que a linha registada começa a subir, ou quando o ponteiro salta bruscamente fora do registo.

— Retira-se a amostra, cortando alguns pequenos elementos dela para se fazer a determinação do grau de humidade.

— Aplica-se a escala transparente, e lêem-se registando-os, os resultados colhidos.

— É aconselhável ensaiar pelo menos duas amostras, não devendo os valores obtidos diferir mais de 15 %.

27 — Exemplo

No aparelho descrito introduz-se uma amostra de argila arenosa com 9 cm de altura e 4 cm de diâmetro.

A rutura teve lugar para uma carga de 7,5 Kg. Determinar a resistência ao corte do solo. Fazer a mesma determinação, entrando em linha de conta com um encurtamento de 1 cm na altura.

Recorrendo à expressão aproximada (78)

$$t = \frac{Q}{2} = \frac{7{,}5}{2 \,.\, \pi \,.\, 2^2} = 0{,}298 \text{ Kg/cm}^2.$$

Atendendo ao encurtamento da amostra

$$t = \frac{Q}{2}\left(1 - \frac{d\,h}{h}\right) =$$

$$= 0{,}298\left(1 - \frac{1}{9}\right) = 0{,}265 \text{ Kg/cm}^2$$

28 — Ensaio de corte por translacção

Utiliza-se o aparelho de Krey e Casagrande (fig. 77) que fundamentalmente se

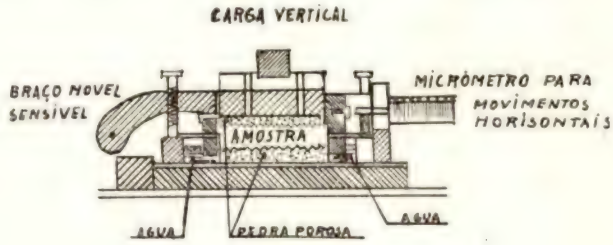


Fig. 77

(Navarro e Aracil [6] pág. 1464)

reduz a duas caixas rectangulares podendo deslizar uma sobre a outra, exercendo um

esforço de corte no plano médio da amostra. Por meio dum pistão existente na caixa superior pode exercer-se na amostra uma pressão vertical. Comparadores sensíveis permitem a medida dos deslocamentos (horizontal da caixa e vertical do pistão).

O aparelho está disposto de forma a satisfazer às seguintes condições essenciais:

a) Não existência de tensões de corte, senão quando a amostra estiver consolidada;
b) Transmissão uniforme das pressões ao solo;
c) Ausência de resistências parasitas;
d) Tensões verticais constantes durante o ensaio;
e) Existência duma ligação do solo às duas caixas superior e inferior (conseguida por meio de dentes);
f) Condições de rutura tendo lugar simultâneamente em todos os pontos do plano de corte;
g) Evacuação e absorpção de água permitida durante o ensaio (utilizam-se pedras porosas mergulhadas em água sobre pressão nula).

O aparelho citado tem pòrém dois graves inconvenientes, a saber:

a) A superfície de corte não permanece constante, diminuindo à medida que o ensaio progride;
b) O valor absoluto do deslocamento horizontal nunca é tão grande que se possam considerar independentes dele as tensões de corte desenvolvidas.

Vejamos o modo de operar:

—Untam-se com vaselina as superfícies de contacto das duas caixas e as suas paredes internas. Reveste-se interiormente na superfície lateral com papel de filtro, para evitar a fuga de terreno pelas fendas. Colocam-se as pedras porosas e placas metálicas com os dentes dispostos em sentido inverso ao do esforço de corte a desenvolver

—Coloca-se a amostra na caixa, intacta ou levada ao limite líquido, conforme as condições de ensaio.

—Aplica-se a carga vertical de ensaio progressivamente, dando tempo à consolidação da amostra. (Por vezes é necessário esperar 1 semana). Quando esta termina o comparador vertical pára.

—Aumenta-se lentamente o esforço de corte, sendo cada aumento da ordem de 1/40 da carga vertical aplicada. A rutura conhece-se quando o comparador horizontal regista deslocamento sob carga constante.

Os intervalos de tempo entre cada aumento do esforço de corte podem ser os recomendados por Casagrande: primeiro, aumento de minuto a minuto durante 10 minutos; depois, todos os 3 minutos durante 45 minutos; depois todos os 5 minutos durante 1 hora; depois todos os 10 minutos durante 1 hora; finalmente todos os 20 min. até à rutura. O ensaio dura assim cerca de 6 a 8 horas.

—As leituras durante o ensaio de corte fazem-se no comparador horizontal, tendo além disso o cuidado de verificar se o comparador vertical se mantém sensìvelmente constante.

—Repetem-se as operações para cargas verticais diferentes.

—Traçam-se gráficos como já foi explicado nos exemplos dados no capítulo anterior.

29 — Outros ensaios

Na segunda parte deste trabalho descrever-se-ão alguns ensaios de aplicação definida, como os de solo-cimento, *Califórnia Bearing Ratio,* carga directa de solos, carga de estacas, etc.

CAPITULO IV

Esforços em solos carregados

1 — Fórmulas de Boussisneq

No Capítulo II tivemos ocasião de nos referir à teoria de Boussisneq sobre a distribuição de esforços num solo carregado, e recordamos as hipóteses fundamentais em que se apoia a sua análise: elasticidade, homogeneidade e isotropia do solo. Apresentámos também as isostáticas correspondentes a diversos casos de carga.

Limitamo-nos aqui a resumir as expressões a que se chega para diferentes casos de interesse prático.

a) *Carga concentrada*

No ponto A distando R do ponto de aplicação da carga (fig. 78) o esforço vertical é

$$\sigma_z = \frac{3\,P}{2\,\pi}\,\frac{z^3}{R^5} \quad . \; . \; . \; . \quad (79)$$

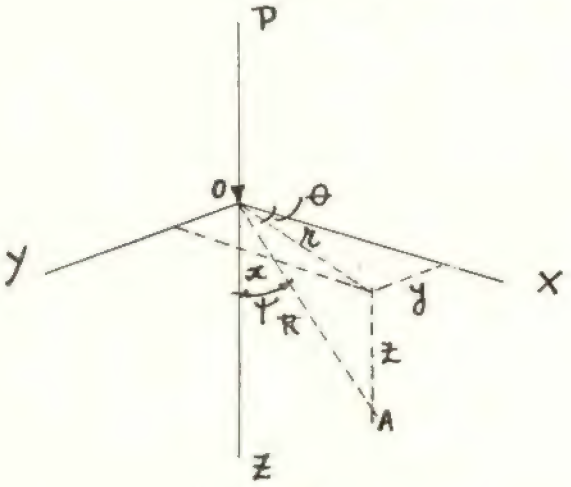


Fig. 78

sendo

$$r^2 = x^2 + y^2 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (80)$$

$$R^2 = x^2 + y^2 + z^2 \quad . \; . \; . \; . \quad (81)$$

A tensão principal máxima no ponto A é

$$\sigma_1 = \frac{3\,P}{2} \cdot \frac{\cos^2 \Psi}{r^2 + z^2} \quad . \; . \; . \quad (82)$$

Sendo d o diâmetro da esfera passando por A e tangente à superfície horizontal do terreno em O, tem-se

$$r^2 + z^2 = d^2 \cos^2 \Psi \quad . \; . \; . \; . \quad (83)$$

b) *Carga circular uniformemente distribuída p kg/cm²*

O esforço vertical num ponto situado à profundidade z sob o centro da área carregada é (fig. 79)

$$\sigma_z = p\,(1 - \cos^3 \alpha)$$

$$= p\left[1 - \left(\frac{1}{1 + \left(\frac{r}{z}\right)^2}\right)^{3/2}\right] \quad . \; . \; . \; . \quad (84)$$

O máximo esforço de corte não havendo atrito será

$$s = 0{,}33\ p$$

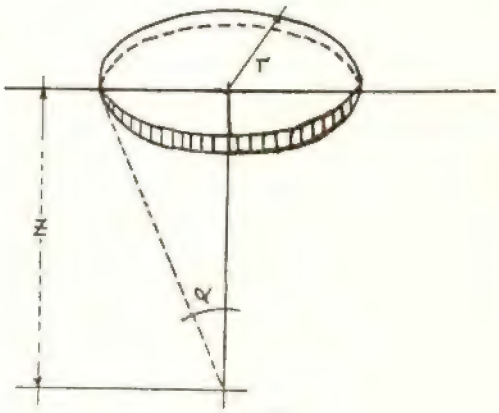


Fig. 79

c) *Carga rectangular uniformemente distribuída*

No ponto A, fig. 80 as tensões principais são:

$$\sigma_1 = \frac{p}{\pi}\,(\alpha + \text{sen}\ \alpha) \quad . \; . \; . \; . \quad (85)$$

$$\sigma_2 = \frac{p}{\pi}\,(\alpha - \text{sen}\ \alpha) \quad . \; . \; . \; . \quad (86)$$

O esforço de corte máximo tem por valor

$$s = \frac{P}{\pi} \operatorname{sen} \alpha \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (87)$$

e no semi-círculo de diâmetro RS, tém-se o valor máximo dos máximos $\frac{P}{\pi}$.

2 — Método de Westergaard

As equações de Boussisneq só foram como vimos, integradas nos casos mais simples. Para fim de projecto utiliza-se muitas vezes, uma teoria simplificada, devida a Westergaard, que admite que uma lage — formando por exemplo o pavimento rígido duma estrada, ou uma fundação de edifício se comporta elàsticamente num solo suposto também elástico. Em cada ponto, a deformação, ou assentamento do solo é considerada como proporcional à pressão transmitida ao solo, sendo o factor de proporcionalidade o *módulo de reacção do solo* E_1. Sendo p a pressão (ou, a reacção por unidade de área) e y o assentamento, teremos em cada ponto

$$p = E_1 \, y \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (88)$$

Note-se que a constante E_1 é diferente do módulo de elasticidade do solo. Com efeito, as dimensões desta última grandeza são diferentes das de E_1.

Esta hipótese fundamental da teoria de Westergaard presta-se a severa crítica. Queremos só deixar anotadas duas observações cuja importância é, como se vai ver, fácil de avaliar.

A primeira está ligada ao facto conhecido da histérese do solo. Como se vê da fig. *81* existe em cada ciclo completo de carga e descarga uma deformação permanente — os diferentes ciclos de histérese não são coincidentes, embora à medida que os ensaios se repetem o comportamento do solo se aproxime (normalmente) do comportamento elástico. Geralmente recorre-se contudo ao primeiro ciclo de carga, pois dá maiores esforços e portanto uma margem de segurança maior.

A outra observação a fazer resulta da maneira como é determinado o módulo de reacção do solo. Procede-se por ensaio de carga sobre placas circulares e medindo simultâneamente a pressão exercida e a deformação produzida (geralmente exerce-se

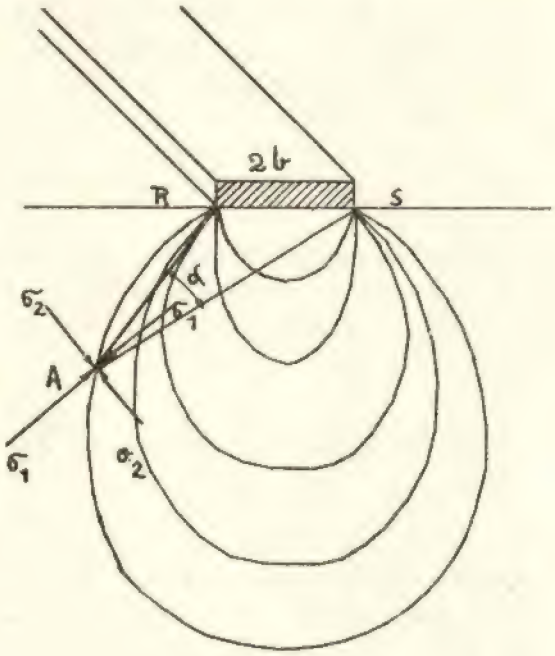


Fig. 80

a pressão correspondente a um assentamento de 1 mm). Ora é sabido da teoria da elasticidade e da experiência que os resultados obtidos dependem das dimensões das placas utilizadas. A fig. 82 põe claramente em evidência tal facto, para placas circulares de diâmetros 6, 9, 12 e 18 polegadas.

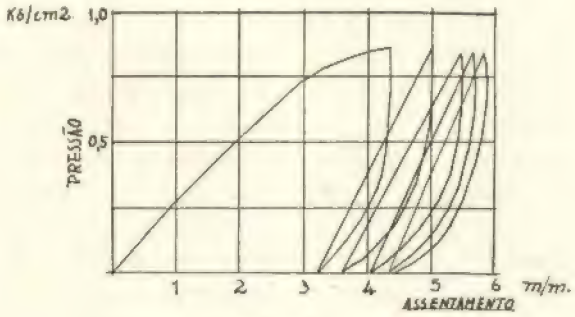


Fig. 81

(Diversos [3] pág. 106)

Portanto no resultado do ensaio é preciso indicar qual o diâmetro da placa utilizada. Em Inglaterra, o Road Research Laboratory

usa uma placa de 18″ de diâmetro para ensaios de estradas e de 30″ para ensaios de pistas de aeródromos.

Uma vez aceites as hipóteses contidas na teoria, é fácil conduzir o cálculo. Westergaard calculou os esforços em lages elásticas para três casos particulares, a saber, por ordem de grandeza dos esforços achados: carga sobre o canto da lage; carga sobre um dos bordos; carga no centro. É portanto o primeiro caso o mais desfavorável.

Baseados na teoria de Westergaard, traçam-se curvas que dão imediatamente as espessuras necessárias nas lages para cargas típicas.

3 — Fórmulas baseadas na Teoria da Plasticidade

Os métodos anotados, de Boussinesq e Westergaard baseiam-se na Teoria da Elasticidade. Mas existem outros, que se ligam ao fenómeno de produção de deformações plásticas nos solos carregados — correspondente à perda da sua arquitectura própria e condicionados portanto pela coesão e atrito interno.

Alinham na categoria assim definida os métodos de Rankine, Terzaghi e Prandtl (ou Caquot).

4 — Fórmula de Krev

Considerando a região do solo imediatamente abaixo da carga rectangular de largura 2 *b*, e analizando as linhas de máxima pressão vertical, é fácil ver que até à profundidade *b*/2 sob a carga essas linhas são mais concentradas correspondendo a tal profundidade um centro de pressão aparente. Krey supõe que a parte do solo mais altamente solicitada funciona como uma cunha de terra solidária com o orgão transmissor de carga (Fig. 83).

E a resistência do solo será decomposta na soma das seguintes quantidades:

a) a capacidade de carga do solo à superfície;

b) a resistência do solo devida à formação da cunha de terra;

c) resistência devida ao atrito do solo na superfície lateral do orgão transmissor da carga do solo.

Sendo:

p = pressão máxima na base do referido orgão transmissor à profundidade h; p_1, p_2

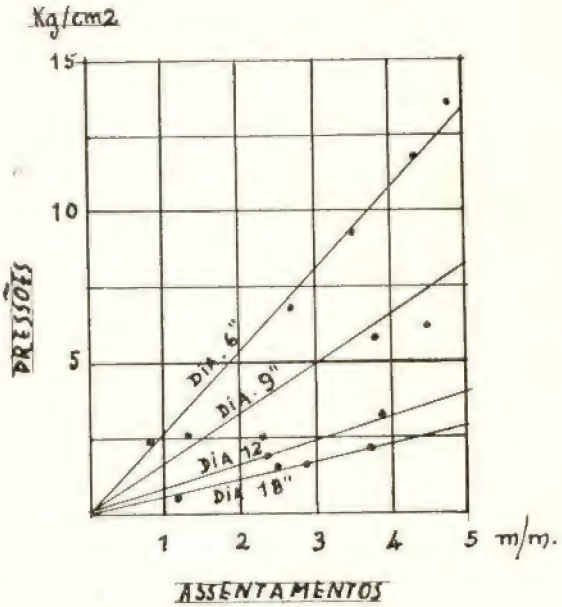


Fig. 82

(Diversos [3] pág. 107)

e p_3 as pressões correspondentes aos três efeitos citados virá

$$p = p_1 + p_2 + p_3$$

ou

$$p = p_1 + \omega\, h\, tg^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right) + L\,\mu_1\,\omega\,\frac{1}{a}\,h^2\,tg^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right) \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (89)$$

L representa o perímetro do órgão transmissor da carga; a a área da base; μ_1 o coeficiente de atrito entre a terra e o material; ω o peso específico do solo.

A pressão (89) é aplicável a solos homo-

géneos; se em lugar disso existirem n estratos de natureza diversas, então

$$p_3 = \Sigma_1^n \, R \, \frac{1}{a} \, h^2$$

sendo R uma constante cujos valores são dados por Krey

5 — Fórmula de Prandlt:

Seja (fig. 84) a secção da faixa rectangular carregada com p_1 kg/m^2.

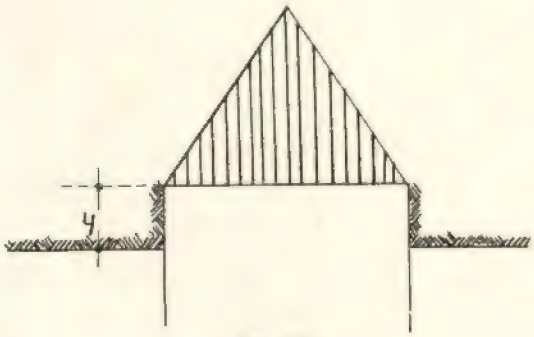


Fig. 83

Prandtl admite que as áreas AFG, ABC e BED se comportam como elementos rígidos movendo-se sem se deformarem: ABC para baixo e ABC, BED para os lados e para cima.

As áreas ACF e BCD deformam-se plàsticamente, girando em torno de A e B, respectivamente.

Prandtl admite ainda as seguintes hipóteses:

a) A envolvente dos círculos de Mohr (curva intrínseca) é uma recta para o solo considerado;

b) Nos sectores em deformação plástica, os esforços são constantes ao longo de raios vectores como BX, mas variam de raio para raio.

Considerações de equilíbrio dos maciços terrosos interessados permitem obter para valor da pressão determinantes da rutura por carregamento

$$p = \frac{c}{\operatorname{tg}\varphi}\left[\frac{1+\operatorname{sen}\varphi}{1-\operatorname{sen}\varphi}\, e^{\pi \operatorname{tg}\varphi} - 1\right] = \ldots \quad (90)$$

$$= \frac{c}{\operatorname{tg}\varphi}\left[\operatorname{tg}^2\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi}{2}\right) e^{\pi \operatorname{tg}\varphi} - 1\right] \ldots \quad (91)$$

Se uma pressão p_2 for aplicada sobre GA e BE (caso, por exemplo, do plano AB estar à profundidade h, correspondendo à soleira duma fundação; é então $p_2 = wh$), resulta um aumento de p.

É

$$p' = p + \lambda\, p_2 = p +$$

$$+\left[\frac{1+\operatorname{sen}\varphi}{1-\operatorname{sen}\varphi}\, e^{\pi \operatorname{tg}\varphi}\right] p_2 \ldots\ldots\ldots \quad (92)$$

A interpretação geométrica da fórmula de Prandtl é simples (fig. 84). As superfícies de escorregamento são planas até à direcção BC e depois da direcção DE; entre elas são cilíndricas, sendo a directriz uma espiral logarítmica.

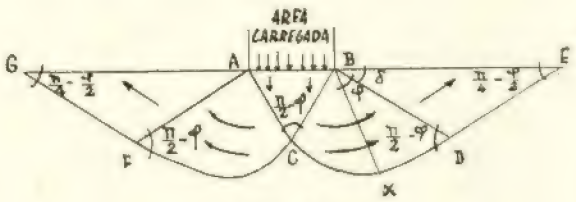


Fig. 84

6 — Fórmua de Rankine

Baseava-se na suposição de que o equilíbrio realizado no maciço terroso era o equilíbrio de Rankine. Introduzia uma brusca descontinuidade nos estados de equilíbrio ao longo da vertical passando por A. A expressão resultante era

$$p = \frac{c}{\operatorname{tg}\varphi}\left[\left(\frac{1+\operatorname{sen}\varphi}{1-\operatorname{sen}\varphi}\right)^2 - 1\right] = \ldots \quad (93)$$

$$= \frac{c}{\operatorname{tg}\varphi}\left[\operatorname{tg}^4\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi}{2}\right) - 1\right] \ldots\ldots \quad (94)$$

Atendendo à pressão p_2

$$p' = p + \left(\frac{1+\operatorname{sen}\varphi}{1-\operatorname{sen}\varphi}\right)^2 p_2 \ldots\ldots\ldots \quad (95)$$

As superfícies de escorregamento cilíndricas apresentavam directriz elíptica.

A fórmula de Rankine não é hoje geralmente usada.

7 — Fórmula de Terzaghi

Sendo 2 *b* a largura da área carregada,

$$p = \frac{b\,\omega\left[1 - tg^4\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right)\right]}{2\,tg^3\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right)} +$$

$$+ \frac{2\,c}{tg\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right) sen^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right)} \quad . \; . \; . \quad (96)$$

Atendendo a p_2

$$p' = p + \frac{p_2}{tg^4\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right)} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (97)$$

Estas equações tomam em linha de conta o efeito das dimensões da área carregada.

(Continua)

PROCESSOS UNITÁRIOS DA QUÍMICA ORGÂNICA

POLIMERIZAÇÃO

PELO ENG.º QUÍMICO-INDUSTRIAL MANUEL CHAGAS ROQUETTE
(Assistente do I. S. T)

(Continuação)

C. D. 661.73

III — Polimerização na indústria dos Plásticos

A polimerização permite obter uma gama muito variada de produtos de síntese:

a) plásticos
b) borrachas sintéticas
c) resinas sintéticas para vernizes
d) fibras artificiais
e) óleos secativos sintéticos

Destas aplicações da polimerização têm sido utilizadas, em Portugal, a preparação de matérias plásticas artificiais e o fabrico de resinas sintéticas para vernizes.

Apresentaremos como exemplo da aplicação industrial da polimerização, o emprego deste processo unitário na obtenção dos plásticos o que se justifica pela sua maior complexidade, importância nacional, e ainda por englobar, técnicas e processos aplicáveis à obtenção por polimerização de outros materiais de síntese.

O fabrico dum material plástico sintético, compreende, em geral, 3 fases:

1) Obtenção da Resina Sintética
2) Preparação do pó de moldação
3) Moldação

A obtenção dum material plástico, efectua-se, em muitos casos, à custa da mistura da resina sintética, com um inerte, o corante, o lubrificante e outras matérias primas secundárias. Esta mistura designa-se por pó de moldação. Por vezes (Resinas Termo Plásticas) o pó de moldação ou carga para a moldação, pode ser constituido apenas pela resina sintética.

A cada uma das fases do fabrico do plástico corresponde um mecanismo de polimerização, que será estudado separadamente.

1 — Matérias primas

O processo de polimerização, que tendo por base a obtenção duma resina sintética, conduz por polimerização posterior (moldação) à formação dum material plástico de síntese, necessita, em geral, duma enorme diversidade de matérias primas.

Assim aparecem como matérias primas basilares:

a) *Resinas sintéticas*

cuja formação exige, além das matérias primas fundamentais (moléculas monoméricas) as seguintes matérias primas acessórias:

b) *Catalisadores*

c) *Plastificantes*

e eventualmente:

d) *Dissolventes*

Para se obter, finalmente, o material plástico sintético, a resina sintética é misturada, em grande número de casos, com:

e) Inertes *(materiais inertes, cargas)*

e ainda com outras matérias primas secundárias:

f) *Corantes e pigmentos*

h) *Lubrificantes*

i) *Aceleradores; activadores de polimerização; modificadores de cadeia*

j) *Endurecedores*

No processo pode ainda surgir outra categoria de substâncias, cuja acção é a de contrariar a polimerização:

k) *Inhibidores*

Resinas sintéticas

Fabricam-se hoje, em grande escala, numerosos tipos de resinas sintéticas, por polimerização.

Entre as principais citaremos:

Resinas fenólicas. São obtidas por policondensação dum fenol com um aldeido (em geral o formol). Em vez do formol, emprega-se, mas muito menos frequentemente, o furfural (resinas do furano) e ainda mais raramente o aldeido acético.

Dos fenois o mais utilizado e o que produz uma resina de melhor qualidade é o fenol. Originam também resinas sintéticas por policondensação com aldeidos, o m-cresol, a mistura dos 3 cresois isómeros, o ressorcinol, o B-naftol.

Industrialmente têm-se obtido resinas de qualidade inferior com o m-cresol, e ainda de pior qualidade com a mistura dos 3 cresois

Fornecem produtos termo-reactivos.

Resinas à base de ureia e de melamina. Produzem os chamados materiais amino--plastas, também termo-reactivos.

Estas resinas são fabricadas com ureia e formol e com melamina e formol.

A melamina, é, por sua vez, um produto da trimerização da cianamida.

Resinas polistirénicas. São obtidas por polimerização do stireno. São termo-plásticas.

Resinas acrílicas. As mais correntes resultam da polimerização do metacrilato de metilo. São termo-plásticas.

Resinas vinílicas. São preparadas por polimerização de acetato de vinilo ou do cloreto de vinilo. São termo-plásticas.

Catalisadores

Os catalisadores podem ser ou de natureza alcalina ou de natureza ácida.

Empregam-se em diminuta quantidade.

Normalmente fabricam-se os amino-plastas utilizando catalisadores básicos, e os feno-plastas recorrendo a catalisadores ácidos.

É indispensável que a resina obtida contenha, a menor quantidade possível de catalisador; quando muito devem ficar vestígios, de contrário as propriedades da resina seriam fortemente prejudicadas. Terminada a actuação do catalisador este deve ser destruido ou eliminado. Por isso o catalisador ou é arrastado com líquidos de lavagem, que o solubilizam, deixando insolúvel a resina sintética, ou tem uma volatibilidade tal que fàcilmente se separa por acção do calor, a pressão reduzida, ou ainda decompõe-se, por simples aquecimento, produzindo produtos não nocivos à boa qualidade da resina.

Entre os catalisadores ácidos contam-se ácidos inorgânicos [sulfúrico...], ácidos orgânicos [oxálico, láctico...]. Dentre os catalisadores básicos podem citar-se bases minerais (soda cáustica, amónia...), metais (sódio)

Plastificantes

Na moldação dos plásticos celulósicos (acetato de celulose, nitrato de celulose, e outros esteres simples ou mistos de celulose) empregam-se determinadas substâncias (cânfora, ftalatos e fosfatos orgânicos) cuja principal missão é a de facilitar a obtenção dum plástico perfeitamente homogéneo, além de que abaixam o ponto de fusão, facilitando a prensagem e a moldação.

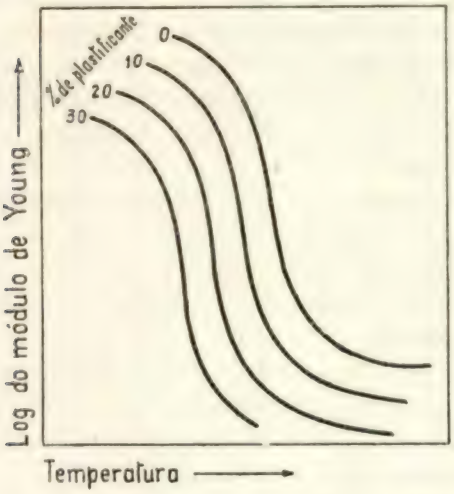
A quantidade de plastificante é muito variável conforme a qualidade da resina sintética, que se quer obter. Para os plásticos celulósicos essa quantidade oscila entre 5 a 30 % do peso da mistura resina-plastificante.

Normalmente um aumento na percentagem de plastificante adicionado diminue a rigidez e baixa o ponto de amolecimento, mas por outro lado melhora a homogeneização do produto e facilita a sua moldação.

Alguns plastificantes têm uma acção muito complexa. Assim a cânfora aumenta a dureza do plástico e ao mesmo tempo dificulta a evaporação de outros plastificantes.

No fabrico das resinas termo-reactivas empregam-se também substâncias designadas por plastificantes, e que pela sua acção catalítica-moderadora, permitem uma melhor homogeneização na resina sintética

obtida e uma mais fácil moldação. Como exemplo pode citar-se o emprego do furfural como plastificante na obtenção das resinas fenólicas.



Variação do módulo de Young com a % de plastificante

Em resumo, pode afirmar-se que cada plastificante tem uma aplicação específica bem definida, e que, duma maneira geral, diminue a rigidez, facilita a moldação e permite obter plásticos com maior homogeneidade e melhores características mecânicas.

Corantes e pigmentos

Uma das principais causas da popularidade alcançada pelas matérias plásticas sintéticas, deve-se à grande variedade de belas e agradáveis cores com que se apresentam estes produtos.

Quando a coloração se efectua por pigmentos (em geral inorgânicos), chega a utilizar-se 5 % do peso. Quando se emprega um corante, a percentagem adicionada oscila entre 1 a 2 %. Em casos muito especiais, e pouco frequentes, quando se pretende mascarar uma certa coloração, a percentagem total de agentes colorantes (pigmentos e corantes) pode atingir 8 a 10 %.

Entre os corantes mais utilizados podem citar-se os corantes da trifenil-metana, os azóicos, e derivados da antraquinona e da alizarina.

Dentre os pigmentos têm grande aplicação o amarelo e o verde de crómio, o azul da Prússia...

Inhibidores

São substâncias que permitem deter o processo da polimerização numa dada fase. Têm especial interesse na preparação das borrachas sintéticas, em que, geralmente, se pretende, em fase intermédia, a obtenção dum latex estabilizado num determinado estado de polimerização, ainda não muito adiantado.

Na obtenção das resinas sintéticas podem ainda surgir inhibidores indesejáveis, contràriamente ao desejo do fabricante (impurezas das matérias primas ou dos meios dispersantes). Esta é uma das razões que impõe uma selecção de boas matérias primas, nas polimerizações, em geral, e nas polimerizações em solução, suspensão e emulsão meios dispersantes suficientemente purificados.

Dissolventes

O fabrico das resinas sintéticas pelo processo de dissolução exige dissolventes específicos para cada tipo de resina e sua aplicação (tetracloreto de carbono, tolueno...)

Endurecedores

Permitem aumentar a viscosidade da resina sintética, conferindo ao plástico a rigidez ou dureza adequadas.

O mais utilizado é o aldeido fórmico.

Lubrificantes

Têm por finalidade melhorar a fluidez do plástico no molde, mantendo a viscosidade dentro de limites ideais, e, por outro lado, facilitar a separação da peça moldada do molde.

Os lubrificantes mais empregados são o ácido esteárico, estearatos metálicos e ceras.

Aceleradores; activadores de polimerização; modificadores de cadeia

Os aceleradores têm particular interesse em resinas termo-estáveis, cujo tempo de cura no molde é relativamente demorado. Actuam como catalisadores de endurecimento. Para os plásticos fenólicos têm sido experimentados a magnésia e a cal finamente pulverizadas, e no fabrico dos amino-plastas o ácido oxálico, o cloreto de zinco e certos ésteres.

No fabrico dos feno-plastas, empregam-se certas substâncias (por exemplo, a hexametilenatetramina, ou mais correntemente «hexa»), que actuam como activadores de polimerização, ou modificadores de cadeia. Estes agentes permitem que durante a obtenção da composição se efectue uma forte polimerização, que conduz a resinas sintéticas, de muito maior peso molecular e mais elevado ponto de amolecimento, diminuindo também, assim, o tempo de moldação posterior.

Inertes

Designam-se ainda, e, simplesmente por cargas.

A carga empregada depende do tipo de plástico, que se pretende obter e vai modificar, mais ou menos profundamente as características do material obtido.

Consegue produzir-se uma diversidade grande de produtos, variando a natureza, e até a granulometria ou comprimento de fibra do inerte a adicionar.

Os inertes mais comuns são: serradura de madeira muito fina (farinha de madeira), amianto, diatomite, sílica, vidro, lã, grafite, mica, algodão, papel. São normalmente adicionados sob forma muito dividida (pó, fibras curtas). No entanto em certos materiais, plásticos laminados, pelo contrário, a matéria base é a matéria inerte, que por exemplo, sob a forma de chapa ou tecido (cartão, papel, pano), é impregnado da resina sintética. A cura efectua-se, durante a prensagem ou laminagem.

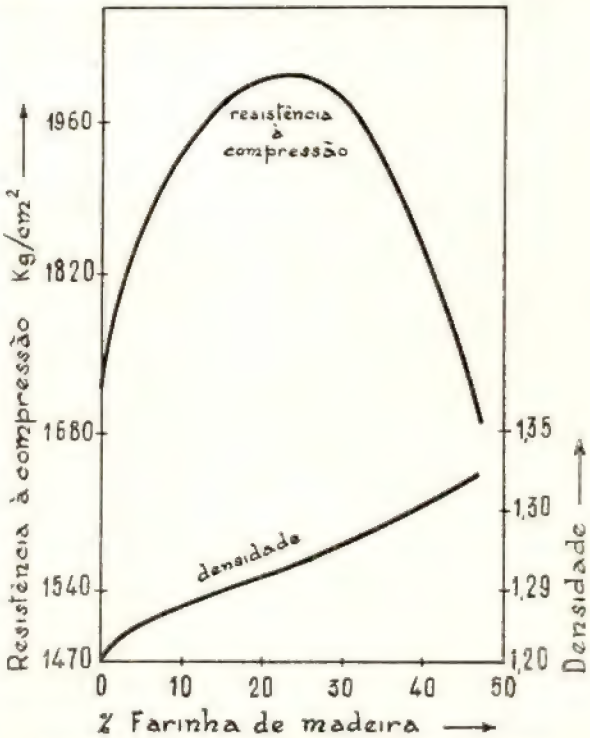
O facto da matéria inerte ser de custo, em geral, muitíssimo inferior ao da resina sintética, e ser misturada em grande proporção (por exemplo nos tipos correntes de plástico fenólicos, empregam-se vulgarmente proporções iguais de resina e de carga), vai fazer baixar, duma maneira decisiva, o preço de custo do material plástico.

Grande número de inertes conferem uma maior rigidez mecânica ao plástico, outros emprestam-lhe notáveis qualidades isolantes do calor e do som. Vejamos alguns exemplos.

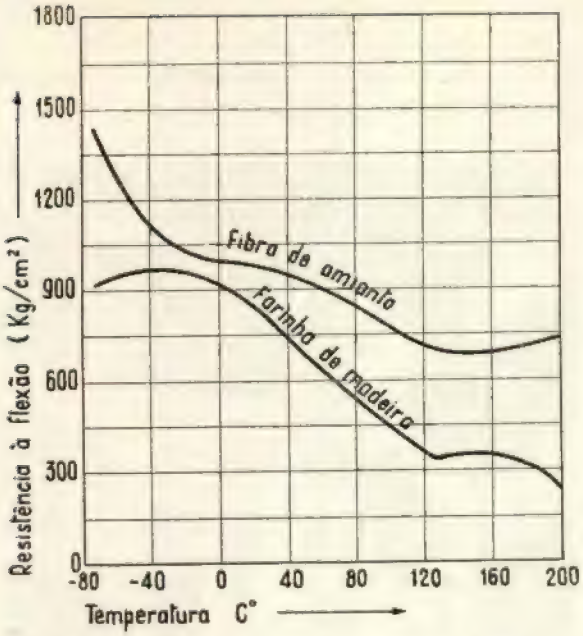
Empregando como resina sintética nitrato de celulose, e como carga serradura de madeira, além doutras matérias primas acessórias obtêm-se plásticos com aspecto de madeira.

Quando se pretende um material plástico bom isolante, recorre-se a inertes, com baixa densidade e já com propriedades isolantes (amianto, diatomite, mica).

Assim certas resinas sintéticas misturadas com determinadas qualidades de mica, com estructura muito leve e encerrando grande quantidade de água, produzem, por aquecimento substâncias levísssimas (com densidades da ordem de 0,1), que se apresentam como materiais isolantes de grande futuro.



Influência da % do inerte numa resina fenólica



Influência do tipo de inerte numa resina fenólica

2 — Obtenção da resina sintética

A resina sintética pode ser produzida por processos descontínuos ou por processos contínuos. As resinas termo-reactivas e grande parte das termo-plásticas são fabricadas pelo primeiro tipo de processos.

A preparação contínua utiliza-se, principalmente, na obtenção das resinas termo-plásticas.

a) *Processos descontínuos*

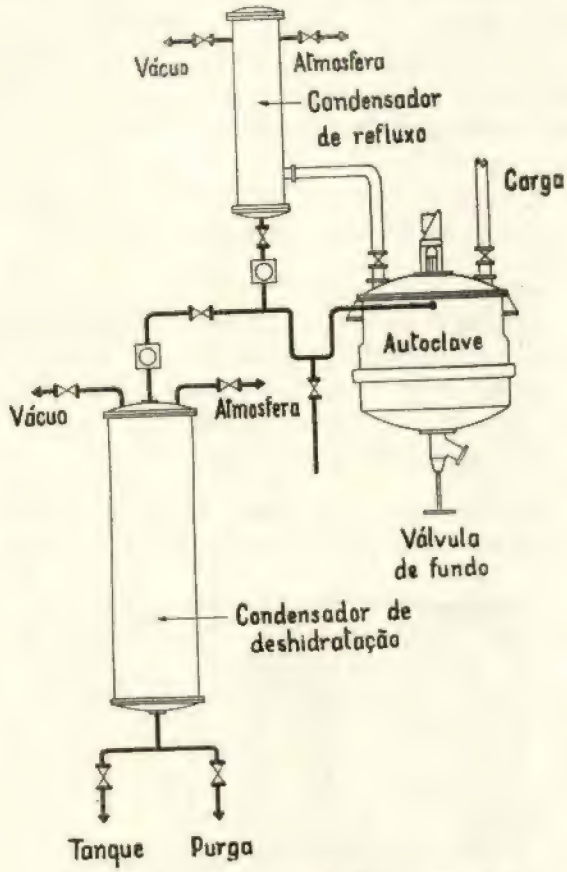
Indicam-se a seguir algumas das características mais importantes da aparelhagem empregada no fabrico de resinas sintéticas por processos descontínuos.

Será exemplificada a condução da técnica destes processos a propósito da preparação dum plástico fenólico.

Materiais de construção

As autoclaves para o fabrico dos feno-plastas constroiem-se em chapa de aço ou ferro. Para outras resinas sintéticas (por exemplo, para os amino-plastas) deve empregar-se aço inoxidável, e quando o preço não for proibitivo, revestimentos à base de níquel.

Os condensadores e as canalizações devem ser construidos em material de resistência igual ou superior ao da autoclave. Com autoclaves de ferro ou de aço, utilizam-se



Instalação descontinua de Polimerização

frequentemente condensadores em chapa de aço e condutas em ferro galvanizado.

Autoclaves

A secção da autoclave deve ser tal que se verifique:

$$D < H < 2D$$

em que D é o diâmetro e H a altura.

A relação entre a capacidade total e a capacidade útil da autoclave é normalmente de 3/1 e raramente alcança 2/1.

As espessuras das paredes da autoclave são impostas pela capacidade desta (diâ-

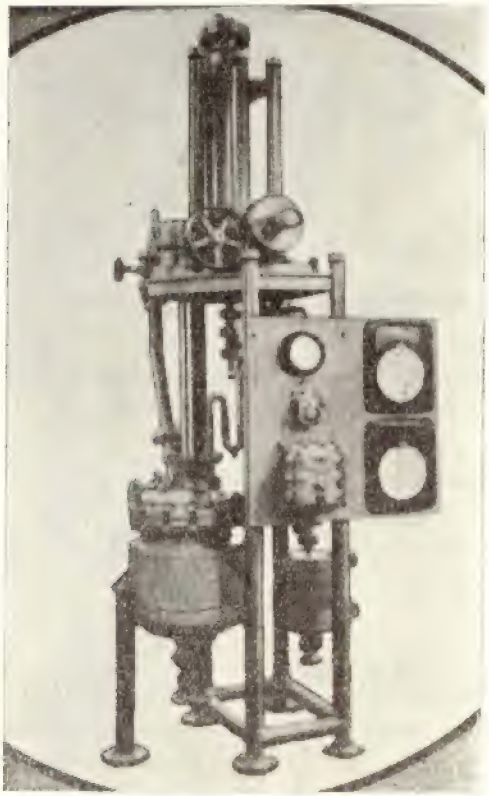
metro), pela forma da tampa (abaulada ou hemi-esférica) e pelo tipo de material empregado. Existem normas (A. S. M. E., B. S. S) que indicam sob a forma de gráficos ou equações, a espessura das paredes de autoclave em função da forma desta e das condições de trabalho.

Quando se projectam autoclaves para polimerização, trabalhando a pressões sensìvelmente iguais à atmosférica, devem aquelas, por medida de segurança, serem capazes de suportar pressões (diferenciais) de 1,5 kg/cm^2.

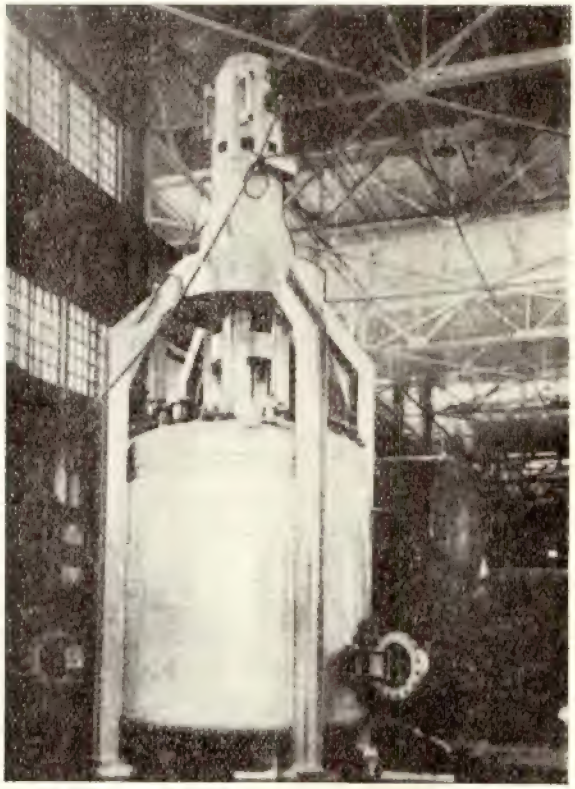
A autoclave deve ser munida dos necessários aparelhos de controle e registo:

—manómetro-vacuómetro
—termómetro que marque a temperatura ambiente da autoclave
—termómetro que indique a temperatura do líquido na autoclave
—termómetro registador

A autoclave deve ainda ser provida dum olhal de vidro para observação, e permitir, que o interior seja convenientemente iluminado por um foco de luz exterior (correntemente montado num segundo olhal de vidro, diametralmente oposto).



Instalação piloto de polimerização
(Capacidade 20 litros)



Uma grande autoclave de polimerização
Utilizada na obtenção de borrachas sintéticas
(capacidade 12.000 litros)

A tampa será provida de uma ou mais aberturas de vistoria. Assim uma autoclave com uma capacidade útil de 400 litros, deve já ter uma abertura que permita o trabalho dum operário no seu interior (limpeza e pequenas reparações). Para capacidades inferiores, os orifícios de vistoria devem ser dimensionados e dispostos de modo a permitir fàcilmente limpezas e reparações conduzidas do exterior.

O orifício de vistoria pode ser também empregado para a carga de matérias primas sólidas.

A carga pode também efectuar-se por condutas, entrando, em geral, lateralmente. Correntemente, emprega-se o sistema de produção de vácuo, para elevar as cargas líquidas, por aspiração, desde os seus tanques (a nível inferior) até à autoclave.

A descarga da autoclave é feita, normalmente, por válvula de fundo.

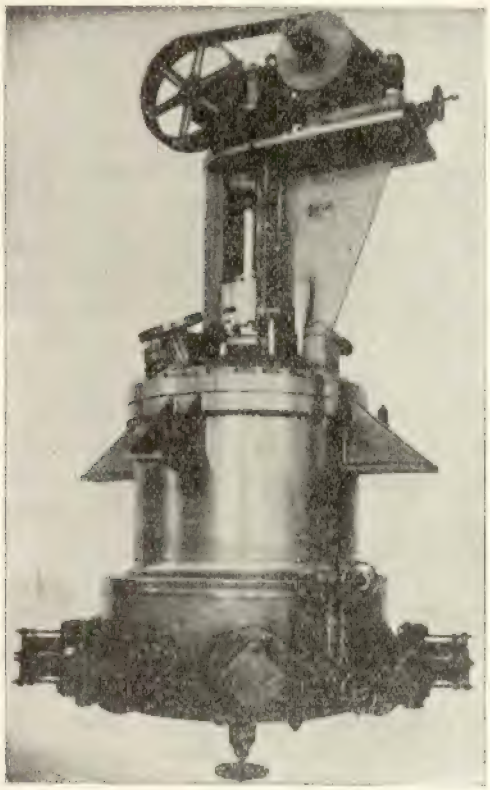
O aquecimento das autoclaves de polimerização efectua-se, em geral, por camisa de vapor (para temperaturas até 175° C). Utiliza-se, mas muito menos frequentemente, o aquecimento por Dowtherm, água ou electricidade. Pode ainda fazer-se o aquecimento utilizando os fumos de combustão de lenha, carvão ou fuel-oil, queimados em fornalha.

O aquecimento por serpentina interior é nestas polimerizações pouco prático, se atendermos à viscosidade do meio a agitar.

As camisas de aquecimento obedecem às mesmas regras das camisas dos nitradores. Normalmente essas camisas trabalham como elementos de aquecimento, podendo em caso de perigo (sobreaquecimento) serem inundadas com água de refrigeração.

As autoclaves de polimerização necessitam duma agitação eficaz.

Nalguns casos convém que a velocidade do agitador seja variável com o processo.



Autoclave de polimerização
Capacidade 400 litros — Aquecimento por Dowtherm

Para resinas muito espessas empregam-se agitadores de tipo âncora. Apresentam-se, a seguir, alguns dados sobre o emprego desta categoria de agitadores para resinas muito espessas:

autoclave de 40 litros (capacidade útil)

velocidade média do vêio do agitador	60 r p m
potência exigida	0,5 HP

autoclave de 400 litros (capacidade útil)

velocidade média do veio do agitador	40 r p m
potência exigida	10 HP

Quando se empregam agitadores do tipo hélice, o seu diâmetro é de cerca de 1/4 a 1/2 do diâmetro da autoclave. Eis alguns dados relativos a este último tipo de agitadores (polimerização de resinas muito viscosas):

autoclave de 40 litros (capacidade útil)

velocidade do veio do agitador	50 a 600 r p m
potência exigida.	0,5 HP

autoclave de 400 litros (capacidade útil)

velocidade do veio do agitador	0 a 350 r p m
potência exigida.	5 HP

O comprimento da haste do agitador deve ser o menor possível.

As autoclaves de polimerização são sempre munidas de dispositivos de segurança (válvula de segurança ou disco de ruptura).

Em torno da autoclave deve manter-se uma boa ventilação. O facto de se lidar com substâncias tóxicas e inflamáveis impõe uma observação rigorosa dos respectivos regulamentos de segurança.

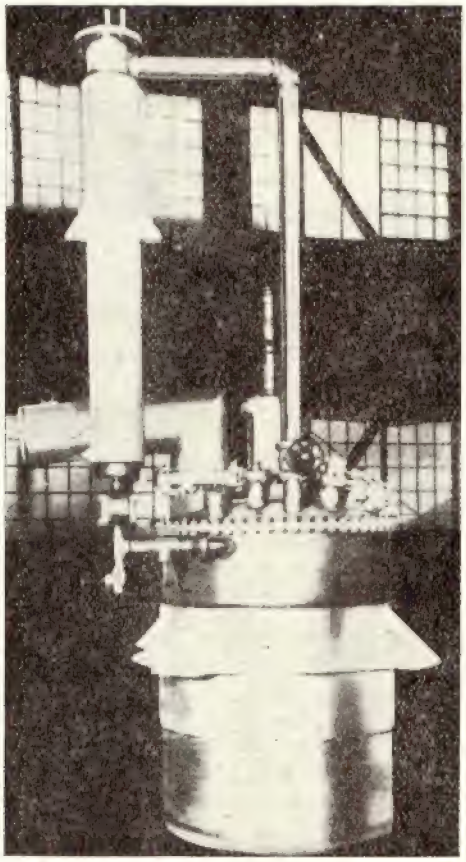
Condensadores — Os condensadores têm por missão impedir, na primeira fase da polimerização em massa, que o produto mais volátil (formol na preparação dos fenoplastas e amino-plastas) abandone a autoclave.

Na fase final os condensadores recolhem a água de deshidratação.

Normalmente no fabrico das resinas termo-reactivas, estas missões são desempenhadas por condensadores diferentes: condensadores de refluxo e condensadores de deshidratação.

A seguinte relação entre a superfície de condensação A (em m^2) do condensador de refluxo e a capacidade útil V da autoclave (em l), tem-se mostrado amplamente suficiente:

$$A \simeq \frac{1}{80} \text{ a } \frac{1}{70} V$$



Autoclave de polimerização
Capacidade 2.000 litros
Com o condensador de refluxo montado
Aquecimento por fornalha

O tipo de condensador de refluxo depende, fundamentalmente do tipo de resina que se pretende obter. Deve preferir-se um condensador com tubos de água, quando o espaço disponível não permite a instalação dum condensador nas posições vertical ou nìtidamente inclinado, ou ainda quando se exige grande capacidade de condensação e não interessa grandemente o arrefecimento do condensado. Deve pelo contrário adoptar-se o condensador de tubos de vapor quando se exige um arrefecimento muito eficaz do líquido condensado.

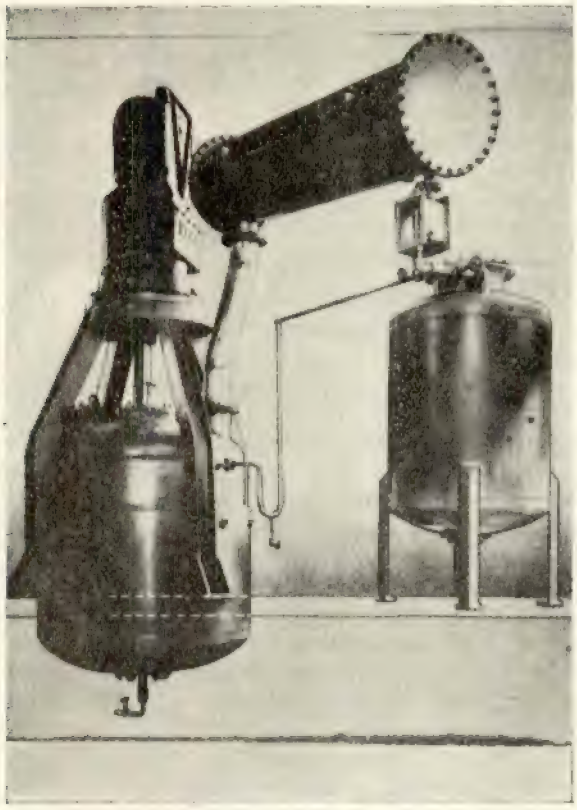
Só para unidades grandes, correspondentes a autoclaves de capacidade útil superior a 400 litros, se devem prever câmaras de expansão de vapor.

Pode existir ainda, e frequentemente, a necessidade de limpar o condensador, que tenha tendência a sujar-se com produtos de sublimação ou substâncias projectadas, quando se deixa entrar em ebulição viva a carga na autoclave. Por vezes prevê-se a limpeza do condensador com o auxílio de vapor sobre pressão. Quando este problema apresenta acuidade deve preferir-se o condensador com tubos de vapor, que facilita as operações de limpeza.

Na canalização que liga o condensador de refluxo à autoclave, coloca-se frequentemente uma caixa quadrada ou circular com 2 visores, que permite observar o aspecto do líquido em refluxo. De facto a observação do refluxo e da sua intensidade pode fornecer um elemento importante para apreciar a condução da polimerização. Nestes condensadores os vapores entram lateralmente, pela parte inferior e o condensado sai pelo fundo. Na parte superior, existem, em geral, duas canalizações: uma que liga com o sistema de vácuo, e outra que pode comunicar com a atmosfera, quando é preciso igualizar as pressões.

Os condensadores de deshidratação, recolhem na fase final de produção da resina, a água e ainda alguns produtos voláteis, à pressão normal, ou mais vulgarmente, sob vácuo. Têm em geral uma capacidade da ordem de cerca de 75 % da capacidade total da autoclave. Este dimensionamento grande justifica-se por funcionarem simultâneamente como vasos de segurança durante a utilização do vácuo. São normalmente construidos em aço e providos sempre de visores de vidro. A observação do condensado durante a fase de deshidratação é importantíssima. O fim da deshidratação

é revelado, precisamente, pelo aparecimento de pequenos pedaços de resina, através do visor. Podem ter a sua maior dimensão disposta horizontalmente (e nessas circunstâncias, ela é, em geral dupla da altura) ou verticalmente (e, normalmente, tripla ou quadrupla do diâmetro). A limpeza dos condensadores de deshidratação é fácil, visto que eles apenas recebem líquidos voláteis, ou pequenas porções de resina, por arrastamento. Normalmente para esta limpeza bastam pequenos orifícios de vistoria. Os condensadores deste tipo ligam superiormente a 3 condutas: uma pela qual entra o condensado, outra que comunica com a bomba de vácuo, e a terceira para atmosfera, para igualizar pressões. Inferiormente



Autoclave de polimerização

Com os condensadores de refluxo e deshidratação em série e visor

Aquecimento por água ou vapor

estes condensadores são ligados a uma canalização que permite o enchimento de tambores ou tanques (quando se prevê qualquer recuperação de material volátil) e ainda à canalização de purga.

Os condensadores de refluxo e de deshidratação podem ainda comunicar entre si, utilizando-se, evidentemente, esta ligação, apenas na fase de deshidratação.

Canalizações e sistema de vácuo

Deve haver cuidados especiais na montagem da canalização e na inserção de um número suficiente de válvulas que ofereçam a possibilidade de efectuar ou desfazer todas as ligações necessárias e ainda que permitam uma regulação de débitos.

Quando as condutas transportarem materiais no estado de fusão (por exemplo fenol) devem ser convenientemente calorifugadas.

A ligação entre os troços das condutas pode efectuar-se por rosca, flange ou ainda por soldadura. Este último processo é o mais usado.

Em geral para sistemas com autoclaves até 200 litros, usam-se tubos de 1", e para autoclaves de capacidade superior, tubos de 1 1/2".

Poucas resinas sintéticas do tipo termo-reactivo se obtêm sem o recurso ao vácuo. Normalmente não se exige um vácuo inferior a 1/6 de atmosfera. Esse vácuo pode obter-se à custa duma bomba ou ainda dum ejector de vapor.

É quase sempre preciso proteger o órgão gerador do vácuo, com um scrubber, a fim de impedir que substâncias voláteis corrosivas danifiquem aquele.

O scrubber, pode ser um cilindro, com dimensões análogas ou um pouco superiores às do condensador de deshidratação, sem qualquer enchimento e com injecção de água, por chuveiro, na parte superior.

(Continua)

DO ENGENHEIRO E SUA DEFINIÇÃO

C. D. 331:62:34

Com o pedido de publicação recebemos do Presidente da Direcção do Sindicato Nacional dos Engenheiros Auxiliares, Agentes Técnicos de Engenharia e Condutores a seguinte carta:

Ex.mo Senhor Director da Revista «Técnica»

Tendo tomado conhecimento da publicação do artigo do engenheiro Sr. Pedro Celestino da Costa, na «Técnica» de Junho p. p., e para evitar que pudesse ser tomada como desejo de estabelecer polémica, a resposta que ele justificava, limitei-me, numa carta que particularmente enderecei àquele Senhor, a pedir-lhe a rectificação que considerei indispensável, ao seguinte período do mencionado artigo:

> «O agente técnico e o construtor ocuparão uma posição intermédia e sem a preocupação de cultivar e desenvolver a ciência e a técnica».

Como da resposta que recebi do mesmo Senhor concluí que não era sua intenção satisfazer o pedido que fiz, o que parece confirmar-se visto nada constar no número de Dezembro já distribuído, vejo-me por essa razão obrigado a solicitar a V. Ex.ª o favor da publicação da referida carta e da presente, o que antecipadamente muito agradeço.

«Ex.mo Sr. Engenheiro Pedro Celestino da Costa — Embora um pouco tardiamente, mas porque só agora chegou ao meu conhecimento, permita-me V. Ex.ª que use deste meio para fazer um pequeno reparo ao artigo publicado na «Técnica» de Junho do corrente ano, sob o título «Do Engenheiro e sua definição».

Em todo o artigo em referência sente-se claramente o contributo que V. Ex.ª deseja prestar para que a designação do Engenheiro seja o mais correcta possível e expresse o que essa profissão tem de elevado, pela função que lhe cabe, no aproveitamento dos recursos da natureza, para fins utilitários e humanos, com a maior eficiência.

Gostei dum modo geral, da maneira como o assunto é tratado e teria muito prazer em o felicitar se não tivesse ficado chocado com o ter sido deturpada a designação da classe à que me honro de pertencer e uma comparação que não considero justa.

Parecem-se ainda mais graves os dois erros cometidos por se tratar de uma publicação de e para estudantes de engenharia que, erradamente, são conduzidos a menos considerarem uma outra classe de técnicos que, pelas habilitações que possuem e pelos seus conhecimentos técnicos e científicos, também projectam e executam obras de engenharia.

Não me chocou o facto de V. Ex.ª me considerar entre os auxiliares do engenheiro, pois, desde que a «obra» o justifique, sentir-me-ei honrado na colaboração que possa prestar, usando os conhecimentos que a Escola me facultou, para que ela se execute com a maior eficiência, mas surpreendeu-me a omissão da palavra que me diferencia do «agente técnico de seguros» ou do «agente técnico especializado em mudanças» da Agência Galamas.

Creio que V. Ex.ª sabe que há muitos agentes técnicos mas que Agentes Técnicos de Engenharia só são aqueles que, além da Instrução Primária têm, no mínimo, mais 9 anos de estudo, ou sejam 4 além dos Construtores, com os quais faz a comparação.

Torna-se-me um tanto difícil compreender a razão que justifique tais confusões.

Não me parece oportuno fazer quaisquer outras considerações além das mencionadas, embora reconheça que o que está escrito no referido artigo, e pelo carácter da revista em que está publicado, mereça um esclarecimento mais detalhado, com intuito de evitar que os futuros engenheiros, ao sairem da Escola, menosprezem o trabalho que possa executar na Engenharia, uma outra classe de técnicos, cujas habilitações são suficientes para dirigir com eficiência a grande maioria das Obras com fins utilitários, que se executam no nosso País.

A maneira de fazer a rectificação para evitar os inconvenientes que indico, deixo ao critério de V. Ex.ª, subscrevendo-me com elevada consideração. — *Manuel Lopes Peixoto* — Presidente da Direcção».

Acredito que o Engenheiro Sr. Pedro Celestino da Costa não pensasse na existência dos outros Agentes Técnicos que não fossem os de engenharia, mas, existem, nomeadamente nos quadros do Estado, e por respeito elementar para com a designação profissional de cada um e até porque se pretendem determinar funções que não correspondem à verdade e que as leis vigentes não fixam, creio que o esclarecimento é indispensável.

E, para finalizar, só mais um pequeno pormenor que me parece oportuno acrescentar e para o qual me reporto a todas as descobertas feitas pelo génio humano: não creio que em tempo algum se fixassem limites, para quem tem «engenho», à faculdade de o poder utilizar com eficiência no bem estar da humanidade e também contribuir para o desenvolvimento da ciência e da técnica.

A admitir-se semelhante princípio, haveria um grave perigo, e em especial, no nosso caso particular, se fosse consentido que só fizessem Engenharia — segundo a definição estabelecida — as pessoas que, sendo engenheiros por se terem diplomado por uma Escola da especialidade, não possuissem o engenho que justificasse a designação.

Com os protestos da minha maior consideração subscrevo-me atenciosamente

Manuel Lopes Peixoto
Presidente da Direcção

VI EXPOSIÇÃO DE FOTOGRAFIA DO I. S. T.

A Associação dos Estudantes do I. S. T. promove em Maio a sua VI Exposição de Fotografia. Animou-nos o incremento dado, nos últimos tempos, entre nós, a esta Arte, através do interesse que ela tem despertado em Professores e Alunos.

A A. E. I. S. T. tem visto, com imenso prazer, figurar, nas suas Exposições anteriores, trabalhos de ilustres Professores e Engenheiros, ombreando com produções dos Estudantes Universitários. Aqui ficam os nossos votos por que tam notável e simpático exemplo de cooperação continue a ser dado dentro desta Casa, e o nosso convite, dirigido não apenas a todos os Estudantes Universitários, mas também aos Ex.mos Professores e Engenheiros, para que honrem o nosso certame com os seus trabalhos fotográficos.

Certos de que a sua valiosa contribuição concorrerá para o elevado nível que é nosso desejo dar a esta realização, a todos endereçamos os nossos melhores agradecimentos.

REGULAMENTO

1.º — Admite-se como concorrentes:

a) Os Professores e Alunos de Universidades portuguesas e estrangeiras;
b) Os engenheiros inscritos na respectiva Ordem.

2.º — São admitidos todos os trabalhos inéditos ou não, excluindo-se, todavia, aqueles que hajam figurado em anteriores certames do I. S. T.

3.º — Por cada prova apresentada, o custo da inscrição é de 5$00. Os sócios da A. E. I. S. T., inscritos na Secção Fotográfica, têm direito a concorrer, gratuitamente, com uma prova.

4.º — As fotografias serão classificadas pelos concorrentes em duas categorias:

a) Técnica;
b) Artística.

5.º — Nos trabalhos apresentados apenas é permitido escrever a divisa ou pseudónimo do concorrente, conforme o artigo 7.º, sendo o verdadeiro nome enviado em sobrescrito fechado. No exterior desse sobrescrito será indicado o pseudónimo do concorrente.

6.º — Os formatos mínimos admitidos são os de 13 × 18 e 18 × 18 cm.

7.º — Só serão aceites as provas montadas em cartão ou cartolina branca, com margem uniforme cuja largura não seja inferior a 5 cm, e em cujo verso o concorrente escreverá o seu pseudónimo ou divisa, e o título da fotografia, se o tiver. As provas não devem trazer moldura nem vidros.

8.º — As provas podem ser coloridas por qualquer processo técnico, sendo permitidas as «viragens». Excluem-se apenas as provas coloridas à mão.

9.º — Os concorrentes poderão retirar os trabalhos expostos dentro do prazo de um mês, contado a partir do 30.º dia seguinte ao do encerramento da Exposição. Findo esse prazo, os trabalhos ser-lhe-ão devolvidos pelo correio.

A A. E. I. S. T. reserva-se o direito de reproduzir, na Revista «Técnica», os trabalhos expostos e bem assim o de autorizar outras publicações a fazê-lo.

Quanto aos trabalhos premiados, passarão a constituir propriedade da A. E. I. S. T., sendo arquivados na sua Secção Fotográfica.

10.º — Haverá um Júri de admissão e classificação, ao qual competirá a resolução do que for omitido no presente Regulamento, e de cujas decisões não haverá recurso.

11.º — Ter-se-á o máximo cuidado com as fotografias recebidas, mas não se assume qualquer responsabilidade por eventuais danos que elas sofram.

12.º — Como habitualmente, a A. E. I. S. T. aceitará com o maior prazer a cedência, para as suas sessões diárias, de diapositivos coloridos, em montagem de 5 × 5 cm, garantindo o máximo cuidado com a sua manipulação. Estes diapositivos ficam isentos de inscrição e não haverá prémios para eles. A Secção Fotográfica da A. E. I. S. T. encarrega-se, a pedido dos autores, da sua montagem.

13.º — Todos os trabalhos serão enviados à Secção Fotográfica da A. E. I. S. T., Instituto Superior Técnico, Avenida de Rovisco Pais, Lisboa, acompanhadas as fotografias da importância da inscrição a que se refere o artigo 3.º

14.º — O prazo de recepção termina em 15 de Abril para os concorrentes de Lisboa e em 25 de Abril para os concorrentes da Província, Ultramar e Estrangeiro. Observa-se aos interessados que, contra exemplos precedentes, se não fará nenhuma prorrogação, sendo irrevogàvelmente recusados os trabalhos entregues com atrazo.

15.º — Oportunamente se anunciará na «Técnica» e na Imprensa Diária a data da abertura da Exposição, bem como a constituição do Júri e a lista dos prémios.

Entretanto, todos os esclarecimentos serão prestados pelo telefone 70144, linha 60 (Secção Fotográfica da A. E. I. S. T.), todos os dias úteis das 10 às 12 horas.

Lisboa, 3 de Janeiro de 1950.

A Comissão Organizadora

DO MUNDO TÉCNICO

As Máquinas Ferramentas-Pesadas construídas na Suíça

C. D. 621.9 (494)

Pelo Prof. Dr. Eng.º E. BICKEL, da Escola Técnica Superior Federal de Zurique

A partir da segunda guerra mundial, a indústria suíça de máquinas-ferramentas que até aí só produzia máquinas de tipo leve e médio, começou a produzir máquinas de tipo pesado, mas, capazes de *grande perfeição e precisão* na manufactura de peças de grande porte. Estas condições difíceis de conseguir em tais máquinas, devem-se, parte a substituição dos tipos clássicos destas máquinas, de comandos puramente mecânicos, por tipos com *comandos eléctricos ou hidráulicos,* e parte aos progressos realizados na metalurgia do aço de fundição de alta qualidade, e generalização do emprego da soldadura que permitiu a substituição por partes soldadas, de obras de fundição de grande porte, de difícil e cara execução.

Um ponto que mereceu larga atenção aos construtores destas máquinas foi procurar além da alta precisão e grande capacidade de desbaste, multiplicar as possibilidades de emprego destas máquinas-ferramentas pesadas, assim como *reduzir ao mínimo os períodos de ajuste e os movimentos improdutivos,* pois que em geral as peças pesadas nunca são fabricadas em grandes séries, raramente em séries pequenas e com frequência isoladamente. A redução dos períodos de ajuste conseguiu-se por meio de mesas de fixação bem acessíveis, por possibilidade de rápido acerto da posição relativa da peça e da ferramenta do corte, e pela redução dos tempos para tirar medições. A redução dos movimentos improductivos conseguiu-se pelo emprego em larga escala dos comandos eléctricos e hidráulicos.

No intuito de dar às máquinas um caracter mais universal, prevêm-se vastas zonas de acção com muitas velocidades de corte e de avanço, que permitem a execução tanto de trabalhos de desbaste, como de acabamento em peças de obra de materiais duros ou macios, com o emprego de ligas especiais para ferramentas de corte.

Como exemplo destas máquinas indicam-se: *as máquinas limadoras para talhar engrenagens,* que abrem dentagens exteriores e interiores em rodas desde 190 a 5000 mm ϕ e até 1200 mm de largura, com números de dentes desde 15 a 800. Graças ao processo de limar por meio de pentes de aço, em que se baseia esta construção torna-se possível alcançar as precisões absolutamente máximas, quanto à forma dos flanços e divisões que se poderia obter pelos métodos de fresar e limar, isto também nas mais pesadas peças de obra e módulos muito grandes. Os erros de flanco, por exemplo para rodas até 5 m ϕ podem ser mantidos dentro de 7 a 10/1000 dcmm. Típico para o carácter universal, é no entanto, o facto de, em casos onde não haja necessidade duma tão alta precisão na dentagem, se poder aumentar consideràvelmente a capacidade produtora à custa da precisão. Oferece-se assim a possibilidade de efectuar os trabalhos de talhar as engrenagens, para cada caso, num *equilíbrio económico adequado entre a precisão e as despesas de fabrico* em peças de obra de tamanhos muito variados. Nas rodas dentadas que exigem ainda maiores precisões, ou nas rodas temperadas, torna-se necessário recorrer à técnica da rectificação empregando *máquinas rectificadoras para engrenagens* (fig. 1) que trabalham segundo o método de desenrolamento, onde se podem rectificar rodas até 3,6 m ϕ. Estas máquinas possuem as características das anteriores.

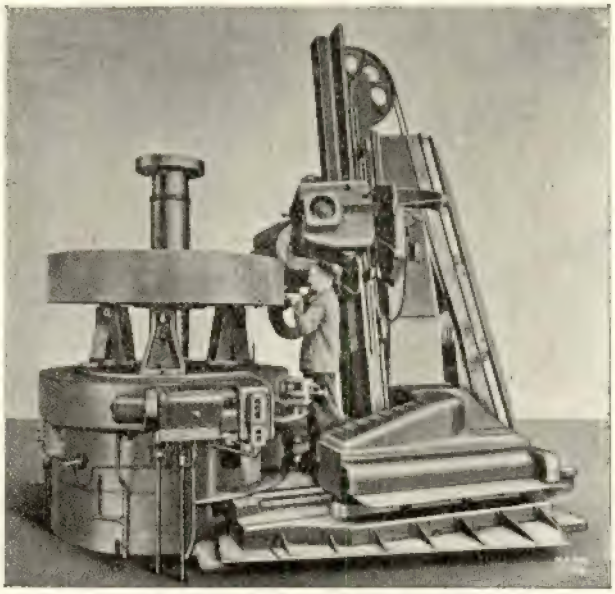
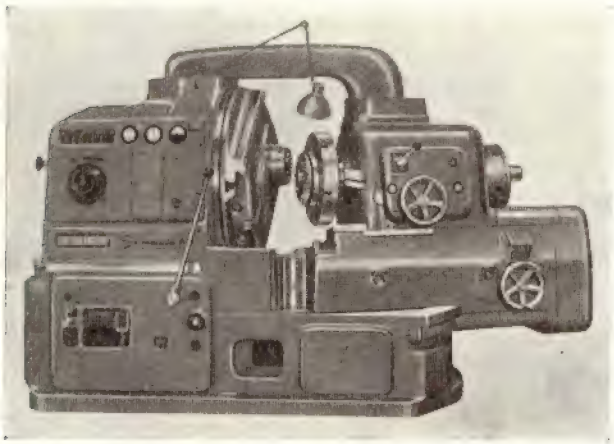


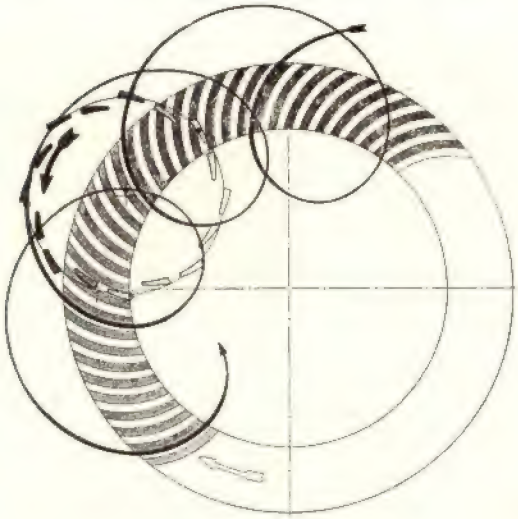
Fig. 1

Reune-se nelas a vantagem dum tempo de trabalho automático curtíssimo com uma *precisão absolutamente máxima* da técnica de rectificação, visto ser possível manter o erro de perfil dentro do limite de 2,5 μ e o erro de divisão dentro de 4 μ. O desgaste das mós compensa-se por um reajuste automático, que reage num desgaste da mó de 1 μ. Em combinação com a referida mó foram também desenvolvidos aparelhos de medição para a verificação de rodas dentadas de grande tamanho.

Uma forma de construção interessante (fig. 2) foi desenvolvida para a produção de *coroas helicoidais.* A dentagem destas coroas é aberta segundo um novo sistema (fig. 3) onde, por exemplo, também é possível

determinar de maneira correcta por cálculo prévio a imagem do suporte ou forma abaulada dos dentes, pelo que ficam suprimidos os usuais ensaios preliminares, ficando portanto *fortemente reduzidos os custos de ajuste.* O comando automático é efectuado electro-hidràulicamente.





Figs. 2 e 3

Um carácter universal combinado com a precisão apresenta o *torno copiador* de comando hidráulico (fig. 4). Neste torno de pontos, o barramento foi construtivamente virado de 90°, para o plano vertical, conseguindo-se assim uma armação de construção especialmente rápida. Devido a esta disposição é facilitada a saída das aparas por baixo, o que é de grande vantagem, por exemplo nos trabalhos de desbaste com metal duro. Fora disso, oferece-se assim também uma solução mais favorável para o *comando hidráulico do movimento plano* do ferro de tornear por meio de um *padrão de copiar* ou dum *modelo de obra.* O torno copia automàticamente veios rebaixados de todo o género ou peças torneadas geralmente perfiladas. Na mesma fixação desbasta-se e alisa-se, e os elevados números de rotações e avanços finos cooperando com a precisão do movimento copiador permitem a produção duma peça de obra exacta e lisa em pouco tempo.

O motivo construtivo da *forma de construção rígida da armação* conduziu também à interessante criação suíça da *perfuradora radial rígida de tipo pesado* (fig. 5). É sabido que para efectuar trabalhos de furar em peças de obra de grandes dimensões é mais prático o acerto do veio porta-broca à peça de obra, em vez de proceder de maneira inversa. Em consequência disto desenvolveram-se as conhecidas perfuradoras radiais, que tem a desvantagem de pouca rigidez devido ao facto do braço estar apoiado só num dos lados, não se prestando à abertura de furos exactos com alinhamento vertical impecàvelmente correcto dos eixos dos furos, e com alisamentos e perfilagem redonda das paredes dos furos por escariação com aparas finíssimas, nem à disposição dos diversos eixos de furos segundo coordenadas.

Ao contrário numa tal perfuradora radial de construção rígida, o braço apoia-se numa coluna que deslisa com facilidade num sector circular, que pode ser ajustado instantâneamente, de maneira electro-mecânica, em qualquer posição. Assim se oferecem as condições básicas para a realização dos trabalhos acima mencionados, reunindo-se nesta máquina as vantagens da perfuradora radial, quer dizer, a possibilidade dum rápido

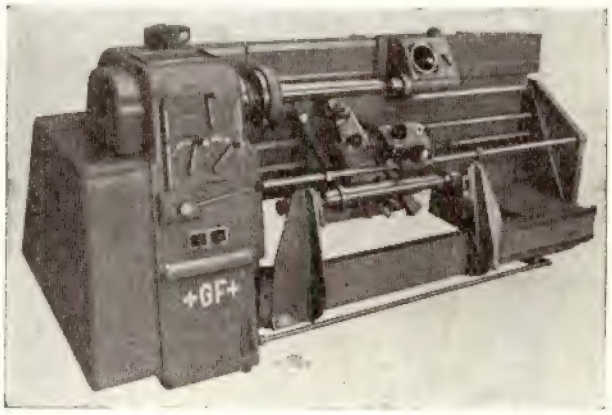


Fig. 4

e fácil acerto do veio porta-brocas em relação à peça de obra, com a imprescindível rigidez para os trabalhos de escariamento e trabalhos segundo coordenadas, que são possíveis nesta máquina mediante a adaptação de uma mesa de coordenadas, e onde se mantém as distâncias entre os furos com 1/100 mm de precisão, de leitura por escala, calibre de topo ou com cronómetro de medição.

Para trabalhos de furar com coordenadas, com maior precisão criaram-se na Suíça as *perfuradoras para calibres*, que gozam do prestígio mundial de serem as máquinas-ferramentas de *absolutamente máxima precisão.* A construção clássica em pórtico sofreu entretanto o desenvolvimento duma máquina pesada, que é única no seu género (fig. 6). Detém o *record mundial de precisão entre as máquinas-ferramentas* e é, neste sentido, uma máquina medidora de três coordenadas, com sistema de ajuste óptico, que consiste em escalas de precisão e microscópios medidores montados na máquina e que não sofre qualquer desgaste sensível,

de modo que todos os ajustes entre a ferramenta e a peça de obra podem ser garantidos com uma precisão de 5 μ.

Esta máquina distingue-se por possuir um cabeçote perfurador horizontal muito robusto, o qual por meio de hastes de suporte, guiados no contra apoio previsto no montante esquerdo, permite o emprego da máquina como perfuradora horizontal.

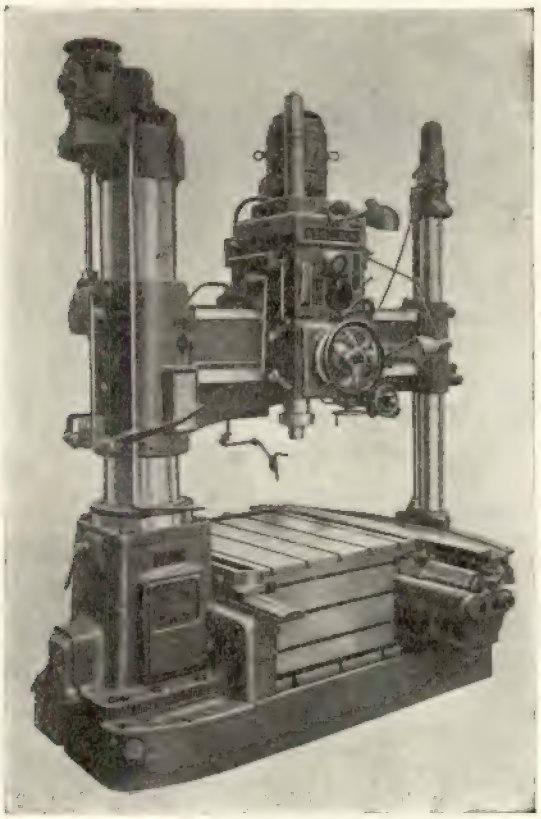


Fig. 5

É possível, sem dificuldades, a execução de trabalhos de desbaste muito pesados por meio de brocas compostas de navalhas, com as velocidades de corte e avanços usuais ou com brocas helicoidais de 60 mm, assim como a execução de trabalhos de escariar no género dos furos, com alisamento finíssimo. Assim uma única máquina ferramenta é adequada, da mesma maneira excelente, para condições de trabalho extremamente diferentes, mantendo sobretudo *sempre a máxima precisão* mesmo que tenha de servir periòdicamente para trabalhos de desbaste com aparas de grande volume. Isto foi possível graças à construção extraordinária de todas as partes de suporte e da condução da mesa, para a qual foram empregados rolamentos de rolos de fabricação própria, sendo todos esses órgãos decisivos pràticamente livres de desgaste. De resto, ao fazer trabalhos de desbaste com aparas de grande volume manifestam-se apenas deformações elásticas, de modo que a máquina mantém sempre a sua exactidão original para os cortes leves de precisão. Deste modo a «perfuradora de calibres» ultrapassou consideràvelmente os limites do seu campo de trabalho inicial e tornou-se ao mesmo tempo máquina produtora para os mais pesados trabalhos de furar e fresar, com todas as características de tal máquina, quer sejam a potência de accionamento ou a maneira racional da sua manobra, por meio da regulação eléctrica a distância, do número de rotações e do avanço do veio de trabalho, quer sejam o avanço hidráulico da mesa, o acerto hidráulico da travessa e as marchas aceleradas.

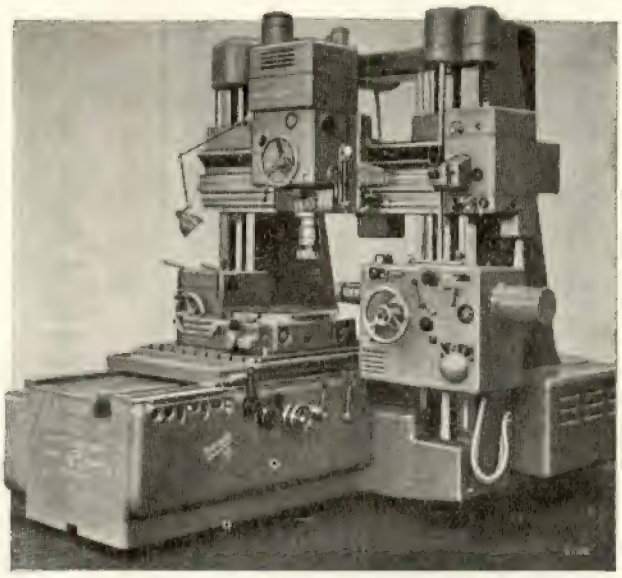


Fig. 6

Graças a estas máquinas perfuradoras e fresadoras com possibilidades de aplicação tão universais, foi possível introduzir uma concepção completamente nova nos planos de operação para peças fundidas com vários furos e faces trabalhadas: Numa únicas fixação e numa única máquina, é possível realizar todo o trabalho pela técnica de furar e fresar, e podem efectuar-se os desbastes maiores da mesma maneira económica, e abrir furos de precisão, quanto à posição, forma redonda, diâmetro e alisamento, da mesma maneira precisa como foi possível obter até agora sòmente com várias máquinas fresadoras ou perfuradoras especiais; e isto sem quaisquer calibres — de facto, uma concepção a considerar revolucionária não sòmente para a fabricação de peças únicas, onde é econòmicamente decisiva já a supressão das despesas para os calibres, da mudança de máquina e da repetida fixação, mas também na fabricação em série, de peças de obra de maiores dimensões.

Da Revista «Suíça Técnica» (n.º 2, 1949)

BIBLIOTECA

PUBLICAÇÕES

Todas as publicações aqui indicadas, são pertença da Biblioteca da A. E. I. S. T. e podem ser consultadas a partir desta data.

C. D. 621.3

Manual del Montador Electricista

Por TERRELL CROFT

Editorial Reverté — Barcelona

1949, 2 vol., págs. 1.753

Trata-se de uma tradução cuidadosa, em castelhano, do «American Electricians' Handbook», que se verifica ser bastante mais desenvolvida que a anterior.

É um livro de carácter prático que, como se diz no prefácio, «... tiene el propósito de proporcionar ona compilación de datos y noticias sobre equipo y materiales electricos presentada sin hacer uso de matemáticas superiores...» mas que contudo poderia ser mais preciso em certas definições sem ultrapassar os seus fins práticos e noutras não haveria necessidade de ser tão profundo para a boa compreensão do assunto.

Apesar destes pequenos defeitos estamos sinceramente convencidos ser ele de uma grande utilidade, e aconselhamo-lo, a todo o estudante de engenharia electrotécnica, como livro de consulta não se perdendo nada se o folhearmos pouco a pouco nas horas vagas pois da sua leitura ficar-nos-á uma preciosa informação do aspecto prático, deste ramo de engenharia, do qual andamos tão arredios.

HENRIQUE CANALES PEREIRA

C. D. 625.7:526.9.002

Highway-Surveying & Setting Out

Por B. G. MANTON

Edição de Edward Arnol & C° — Londres

1948 — págs. 288

O autor acentua a importância na engenharia de estradas da Topografia. Isto originou um livro que trata especialmente da aplicação dos princípios da Topografia à Topografia das Estradas.

Procurou-se dar ao livro um carácter prático. O aspecto matemático apenas foi introduzido onde era necessário explicar os vários métodos de obtenção dos elementos necessários para a implantação dos alinhamentos e piquetagem das curvas.

C. D. 627 (73-Maine)

Water Power Storage in Maine

Por HOWAR M. TURNER

Editor Harvard University

1948-49, vol. 472, págs. 309/333

C. D. 538.56

Nonharmonic Oscillations as Caused by Magnetic Saturation

Por REINHOLD RÜDENBERG

Editor Harvard University

1948-49, vol. 473, págs. 10

C. D. 619

Tripanosomíases animais da Guiné Portuguesa

Por TENDEIRO, JOÃO

Editor Centro de Estudos da Guiné Portuguesa

1949, vol. 10, págs. 300

C. D. 869

Amor de Mãe

Por SANTOS CRAVINA

1949 — págs. 79

C. D. 323(46)

El orden en la República Española

Editor Oficina Informativa Española

1948 — págs. 125

C. D. 627.822(469)

Estudo Geologico acerca de la resistencia e impermeabilidad de un embalse y su presa de cierre en el rio Côa, region Beira Baixa

Por PRIMITIVO HERNANDEZ SAMPELAYO

Revista de Obras Publicas

1949 — págs. 23

C. D. 78

A Persònal message

Christmas, 1949

Por JOHAN J. SMIT

1949 — págs. 21

C. D. 621.398

La commande automatique des réchauffeurs d'air — Appareillage automatique de commande et dispositif de sécurité pour fours à émailler

Editor Landis & Gyr
1949 — págs. 14

C. D. 625.731 + 629.139.1

Diferenciação de pavimentos de estradas e de pistas de avião

Por J. M. SEGURO
Edição da «Técnica»
1949 — págs. 15

C. D. 31:35

Anuário Estatístico de 1944-47

Angola
Repartição Técnica de Estatística Geral
1949 — págs. 510

Cap. I — Território e Clima.
» II — Demografia.
» III — Saúde Pública.
» IV — Assistência.
» V — Previdência.
» VI — Vida Intelectual.
» VII — Justiça e Polícia.
» VIII — Produção, Consumo e Custo de vida.
» IX — Comércio.
» X — Comunicações.
» XI — Movimento Bancário.
» XII — Administração Pública.

C. D. 31:621.316

Estatística das Instalações Eléctricas em Portugal

Ano de 1948 — 1.º volume
Direcção-Geral dos Serviços Eléctricos
1949 — 38 págs.

A — Potência Instalada.
B — Produção.
C — Consumo.
D — Distribuição.
E — Tracção Eléctrica.
F — Exploração.
G — Elementos Comparativos.
H — Gráficos Estatísticos.

C. D. 577.1

Experimental Physiology of Amoebiasis

Por SHIH L. CHANG
Editor Harvard University
1948-49, vol. 471 — págs. 1065/1073

C. D. 31:338

Estatística Industrial

1948
Instituto Nacional de Estatística
1949 — págs. 410

C. D. 624.07—012.4

Tabelas para o cálculo do Betão Armado

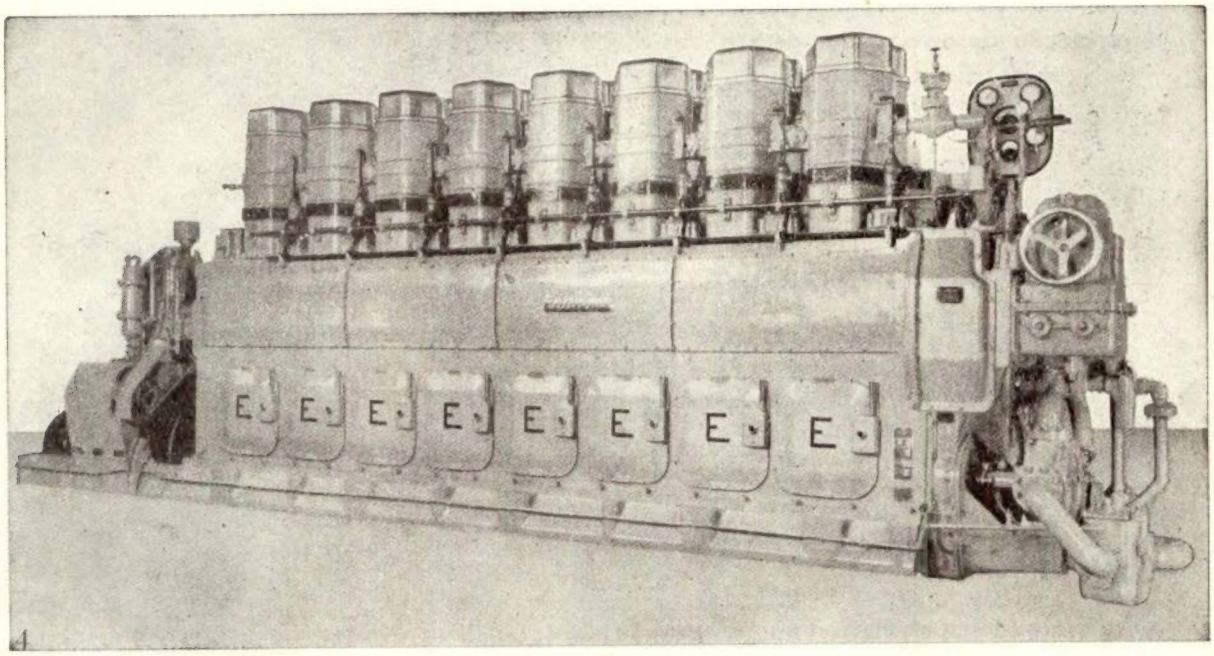
Por FERNANDO VASCO COSTA
Edição da «Técnica»
1948 — págs. 215

REVISTAS

		C. D.
Aeroplane (The), n.os 2009 a 2013	Inglaterra	629.13
Aircraft Engineering, n.º 250	Inglaterra	229.13
Análise, n.º 20	Portugal	016:53/54+62
Arbor, n.º 36	Espanha	1/3+7/8
Arquitectura, n.º 31	Portugal	72
Arquitectura Portuguesa, n.º 156	Portugal	72
Asea Journal, n.os 11-12, 1949	Suécia	621.3
Boletim Cultural da Guiné Portuguesa, n.º 15	Guiné	7/9 (665.8)
Boletim da Junta de Exportação, n.º 1 — Nov. de 1949	Angola	382.6 (673)
Boletim da Junta Nacional da Cortiça, n.os 133, 134	Portugal	634.985.5
Boletim Mensal do Comissariado do Desemprego, Set.-Out. de 1949	Portugal	368.4
Boletim Mensal de Estatística, n.os 4, 5 e 6, 1949	Angola	31
Boletim Mensal de Informação do Laboratório de Engenharia Civil, n.º 8, 11-949	Portugal	025.45:016:62+66/69
Boletim da Sociedade de Geografia de Lisboa, n.os 5-6, 1949	Portugal	910
Brotéria, Dez. de 1949, Fasc. 6	Portugal	1/3+7/8
Bulletin du Congrés des Chemins de Fer, n.º 12	Bélgica	385
Cemento y Hormigón, n.º 188	Espanha	666.9
Chronique des Mines Coloniales (La), n.º 162	França	622

ENTERPRISE

ENGINE & FOUNDRY COMPANY — U. S. A.



MOTORES DIESEL MARÍTIMOS — MOTORES DIESEL ESTACIONÁRIOS

GRUPOS DIESEL-GERADOR

45 a 2100 HP — **200 a 850 RPM** — **3 a 8 cilindros**

- Bloco de cilindros fundido numa só peça.
- Base fundida numa só peça.
- Camisas em contacto directo com a água.
- Cabeças de cilindro individuais.
- Cambota em aço forjado.
- Tirantes em aço forjado, Tipo marítimo.
- Bombas de injecção individuais.
- Válvulas em aço « SILICHROME »
- Lubrificação forçada.
- Balanceiros com sistema hidráulico para eleminação de folga.
- Válvula de arranque em todos os cilindros.
- Com ou sem sobre-alimentação.

CONSTRUÇÃO ROBUSTA — SERVIÇO CONTÍNUO — ECONOMIA

REPRESENTANTES:

• TERMO-MECANICA •

LIMITADA

AVENIDA ALMIRANTE REIS, 247, 1.º — **LISBOA**

		C. D.
Ciencia y Tecnica, n.º 570	Argentina	62+66/69
Compressed Air Magazine, n.º 12	E. U. A.	621.5
Dyna, n.ºs 11 e 12	Espanha	62+66/69
Electrical Communication, n.º 3, 1949	E. U. A.	621.39
Engineering, n.ºs 4375 a 4380	Inglaterra	62+66/69
Estudos (C. A. D. C.) Out.-Nov., n.ºs 280-281	Portugal	1/2+8
Excavating Engineer, n.º 12, 1949	E. U. A.	624.1
Gazeta dos Caminhos de Ferro, n.ºs 1488 e 1489	Portugal	385
Gazeta de Física, fasc. 1, Out. de 1949	Portugal	53
Indice Cultural Español, n.º 46	Espanha	016:1/9 (46)
Indústria Portuguesa, n.º 261	Portugal	62+66/69
Informaciones Iram, n.ºs 6, 7-8	Argentina	389/6
Ingenieria (La), n.º 894	Argentina	62+66/69
I. T. Information, n.ºs 60 e 61	Portugal	658.8
Máquinas e Metais, n.º 48	Portugal	621.9+546.3
Mensário das Casas do Povo (S. N. I.), n.º 40	Portugal	(05) (061)
Ossature Metalique, n.º 12	Bélgica	264.014
R. A. E., n.º 21	Brasil	228 3
Revista de Artilharia, n.º 294	Portugal	623
Revista de Caminos, n.ºs 7-8-9, 1949	Chile	625
Revista de Danfoss, n.º 3	Dinamarca	
Revista Electrotécnica, n.º 12	Argentina	621.39
Revista de Obras Públicas, n.º 2816	Espanha	624/628
Revista da Ordem dos Engenheiros, n.º 71	Portugal	62+66/69
Revista Politécnica, n.º 155	Brasil	62+66/69
Revue Technique Sulzer, n.º 3, 1949	Suíça	621.3
Seara Nova, n.ºs 1142-44 a 1146-47	Portugal	3+7/8

FICHEIRO

Sob esta rubrica, figuram só as fichas dos artigos que nos mereceram maior atenção e estão contidos nas revistas recebidas nesta Biblioteca.

Termodinâmica

C. D. 536.2.01

Phénomènes transitoires d'écoulement de chaleur dans les plaques, cylindres et sphéres — *W. Traupel.*

Revue Technique Sulzer, 1949, n.º 3, págs. 12/23.

Lees problèmes relatifs aux variations des champs de température en fonction du temps se présentent dans la technique sous des aspects extrêmement divers. Ces cas se rencontoent notamment dans l'étude de certaines question de chauffage ou d'accumulation de chaleur, ainsi que dans la détérmination des tensions provoques dans dès pièces de machines par les variations de température survenant durant la marche.

Problemas da rádio

C. D. 534.86

La radiodifusión de música de orquestas — *F. W. Alexander.*

Revista Electrotécnica, 12-49, vol. 35, n.º 12, págs. 525/534.

Física

C. D. 53 (079)

Pontos de exame.

Gazeta de Física, 10-949, vol. II, n.º 1, págs. 4/7, 26/27.

Ultra-Sons

C. D. 534.321.9

Aplicações Químicas dos Ultra-Sons — *J. Heubel.*

Análise, 12-949, n.º 20, págs. 20/31.

Distribuição das tensões

C. D. 539.319

Valoración de la película como método experimental para el análisis de tensiones — *A. J. Durelli.*

Ciencia y Tecnica, 12-949, vol. 113, n.º 570, págs. 305/337.

El autor pasa revista rápidamente a los más importantes métodos experimentales de analisis de tensiones, llamados: metodo del modelo de goma, medidores de deformación eléctricos y mecánicos, fotoelasticidad y método del material frágil.

Con esta base, analiza las vantajas y limitaciones de las películas frágiles, etc.

Fábrica Nacional de Condutores Eléctricos, L.da

VENDA NOVA — AMADORA

•

CONDUTORES ELÉCTRICOS

C E L

Fabricados pela indústria nacional segundo as Normas de segurança das instalações de Baixa Tensão

•

CONCESSIONÁRIOS GERAIS:

SODIL — Sociedade Distribuidora, L.da

R. NOVA DA TRINDADE, 15-C

LISBOA